

559,818

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
14 octobre 2004 (14.10.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/087496 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **B63C 7/16**

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2004/000741

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BAYLOT, Michel** [FR/FR]; 20, Impasse de la Planche, F-13008 Marseille (FR). **BONNISSEL, Marc** [FR/FR]; 13, rue Pauline Borghèse, F-92200 Neuilly S/Seine (FR). **ROCHER, Xavier** [FR/FR]; 41, rue du Général-Leclerc, F-78400 Chatou (FR).

(22) Date de dépôt international : 25 mars 2004 (25.03.2004)

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataire : **DOMANGE, Maxime**; Cabinet Beau de Lomenie, 232, avenue du Prado, F-13295 Marseille Cedex 8 (FR).

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

03/03969

26 mars 2003 (26.03.2003) US

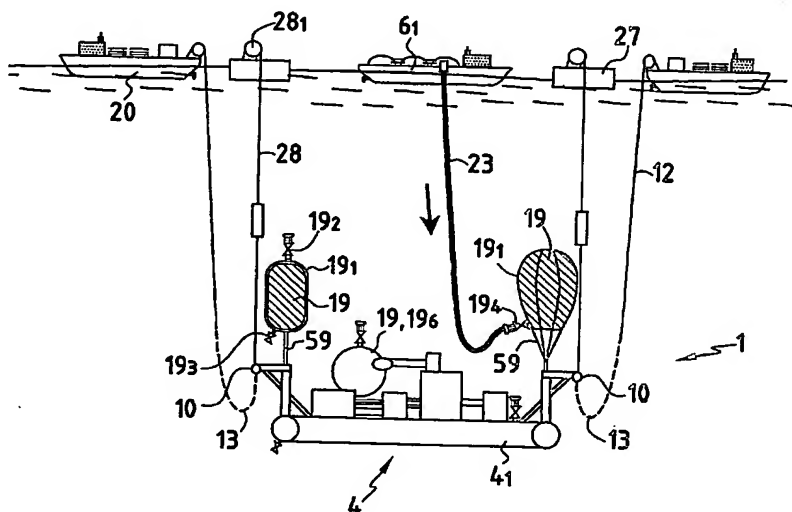
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **SAIPEM S.A.** [FR/FR]; 1/7, avenue San Fernando, F-78180 Montigny Le Bretonneux (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: BUOYANCY DEVICE AND METHOD FOR STABILIZING AND CONTROLLING LOWERING OR RAISING OF A STRUCTURE BETWEEN THE SURFACE AND THE SEA FLOOR

(54) Titre : DISPOSITIF DE FLOTTABILITE ET PROCEDE DE STABILISATION ET DE CONTROLE DE LA DESCENTE OU REMONTEE D'UNE STRUCTURE ENTRE LA SURFACE ET LE FOND DE LA MER



(57) Abstract: The invention concerns the use of a buoyancy fluid having a density lower than that of sea water confined in sealed rigid or flexible envelope (41, 191), to form an immersed buoyancy element (4, 19). The invention is characterized in that said buoyancy fluid is a compound occurring naturally in gaseous state at ambient temperature and pressure and in liquid state at the underwater depth whereat said element is immersed. The invention also concerns a method for setting between the surface and the sea floor a buoyancy element characterized in that said fluid is stored in a tank on a ship (61) at the surface in liquid state compressed or cooled, and it is injected in liquid state into a pipe (23) from the surface (61) where it is stored up to said one envelope (41, 191) immersed at an underwater depth whereat the underwater pressure is not less than the vapour pressure of the gas corresponding to said compound.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/087496 A2



PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** La présente invention concerne une utilisation d'un fluide de flottabilité de densité inférieure à celle de l'eau de mer confiné dans une enveloppe (41, 191) rigide ou souple étanche, pour constituer un élément de flottabilité immergé (4, 19), caractérisé en ce que le dit fluide de flottabilité est un composé se trouvant naturellement à l'état gazeux à température et pression atmosphériques ambiantes, et à l'état liquide à la profondeur sous-marine à laquelle ledit élément de flottabilité est immergé. La présente invention concerne également un procédé de mise en place entre la surface et le fond de la mer d'un élément de flottabilité caractérisé en ce que le dit fluide est stocké dans un réservoir sur un navire (61) en surface à l'état liquide comprimé ou refroidi, et il est injecté à l'état liquide dans une conduite (23) depuis la surface (61) ou il est stocké jusque dans une dite enveloppe immergée (41, 191) à une profondeur sous marine à laquelle la pression sous-marine est supérieure ou égale à la pression de vapeur du gaz correspondant audit composé à la température à la dite profondeur.

Dispositif de flottabilité et procédé de stabilisation et de contrôle de la descente ou remontée d'une structure entre la surface et le fond de la mer.

La présente invention concerne l'utilisation d'un fluide de flottabilité de densité inférieure à celle de l'eau de mer confiné dans une enveloppe rigide ou
5 souple étanche, pour constituer un élément de flottabilité immergé.

La présente invention concerne également un dispositif de flottabilité ou élément de flottabilité pour alléger une structure lourde, et un procédé de mise en place d'un dit élément de flottabilité en position immergée entre la surface et le fond de la mer.

10 La présente invention concerne également un procédé de stabilisation et de contrôle de la descente ou remontée d'une dite structure entre la surface et le fond de la mer, comprenant ou relié à au moins un élément de flottabilité constitué d'une enveloppe dans laquelle ledit fluide de flottabilité selon l'invention est confiné de manière étanche.

15 On entend ici par « structure » tout équipement, outil, engin et notamment des risers, des éléments de tête de puits sous-marine sur des champs pétroliers ou des unités de traitement du pétrole, que l'on souhaite installer en mer, ou au fond de la mer, ou encore un réceptacle à compartiment étanche utile notamment pour récupérer des effluents polluants d'une épave.

20 La descente et la remontée de ces structures massives que l'on souhaite descendre au fond de la mer ou remonter depuis le fond de la mer jusqu'en surface, sont délicates en raison de la masse desdites structures ou desdits réservoirs-navettes. En effet, on sait descendre des colis de plusieurs centaines de tonnes de poids apparent dans l'eau, jusqu'au fond de la mer à l'aide de
25 moyens de levage situés sur un support flottant, par exemple une grue ; mais, lorsque la profondeur devient importante, l'utilisation de câbles aciers conventionnels est problématique car, en plus de la charge de ladite structure, il doit supporter son poids propre, ce qui peut représenter jusqu'à 50% de ladite

capacité de charge pour une profondeur de 3000m. On peut utiliser aussi des câbles synthétiques qui ne présentent pas cet inconvénient, mais leur coût est très élevé et leur mise en œuvre avec des treuils ou des cabestans présente des difficultés extrêmes pour des fortes charges et des profondeurs de 1000m à 4000m, voire plus.

Pour descendre de tels colis, on préfère les alléger en adjoignant audit colis des éléments de flottabilité qui diminuent son poids apparent dans l'eau et en conséquences nécessitent des engins de levage de moindre capacité.

On entend par « élément de flottabilité », un élément qui présente un poids propre plus léger que l'eau de mer et qui permet donc d'augmenter la flottabilité de l'ensemble qu'il forme avec la structure à laquelle il est relié ou dans laquelle il est intégré.

On entend par « augmenter la flottabilité » d'un élément, augmenter le rapport ω entre la poussée d'Archimède et son poids propre hors d'eau, qui s'exerce sur ledit élément quand il est immergé. Ainsi, si ledit rapport est $\omega < 1$, l'élément a une flottabilité négative, donc il a tendance à couler, si $\omega = 1$, ledit élément est en équilibre et, si $\omega > 1$ ledit élément est flottant et sa flottabilité croît lorsque ω croît.

La flottabilité de la structure peut être rendue positive pour faciliter la remontée de ladite structure. Dans ce cas de « flottabilité positive », lesdits éléments de flottabilité compensent le poids de ladite structure, de sorte que la poussée d'Archimède qui s'applique sur l'ensemble de ladite structure et desdits éléments de flottabilité, est supérieure ou égale au poids propre de l'ensemble de ladite structure et desdits éléments de flottabilité la résultante des forces étant dirigée vers le haut en cas de flottabilité positive.

Cette flottabilité additionnelle est réalisée en général avec des réservoirs étanches remplis d'air, rendus solidaires dudit colis. De tels éléments de flottabilité constitués de réservoirs remplis d'air doivent être capables de résister à la pression d'immersion maximale sans imploser ni se déformer, car la flottabilité se réduirait d'autant, voire s'annulerait. Le réservoir doit alors avoir une résistance

mécanique adaptée pour résister à la pression correspondant à la profondeur d'immersion envisagée, laquelle est d'environ 10MPa supplémentaire pour chaque tranche supplémentaire de 1000m de profondeur d'eau. Ainsi, dans le cas de très grandes profondeurs, par exemple au-delà de 1000m, l'enveloppe du réservoir

5 doit être suffisamment renforcée pour tenir la pression et son poids propre est en conséquence beaucoup plus important, ce qui réduit alors considérablement la performance dudit élément de flottabilité. Pour limiter les effets de la pression de l'eau à grande profondeur, on pressurise avantageusement le réservoir avant de le descendre, ce qui permet alors de réduire le poids propre du réservoir, car à la

10 profondeur d'immersion maximale, la pression différentielle entre l'extérieur et l'intérieur est plus faible et la paroi a besoin de moins de résistance ; par contre, le réservoir doit être capable de résister à la pression d'éclatement initiale lors de la pressurisation.

Pour créer cette flottabilité, on a également recours à des liquides quasi

15 incompressibles de densité inférieure à celle de l'eau de mer, tels que l'eau douce, le gazole ou le méthanol qui permettent de mettre en œuvre des enveloppes moins résistantes. Mais ces matériaux ne présentent pas un rapport ω (poussée d'Archimède/poids propre) *aussi élevé que l'air*, à savoir : $\omega = 1.026$ dans le cas l'eau douce, $\omega = 1.21$ dans le cas du gazole et $\omega = 1.30$ dans le cas du méthanol.

20 Pour créer de la flottabilité dans les très grands fonds, on utilise aussi classiquement de la mousse syntactique rigide qui est composée de microsphères, en général de verre et de faible diamètre, mélangées avec un liant de type époxy ou polyuréthane. Ce type de mousse est capable de résister à des pressions considérables et présente un rapport ω (poussée

25 d'Archimède/poids propre) plus intéressant compris entre $\omega = 1.70$ à 2.05 pour des mousses de densité comprise entre 0.6 et 0.5, capables de résister à des profondeurs 1500 à 2000m. Pour des mousses syntactiques capables de résister à des profondeurs supérieures, leur densité est plus importante et le rapport ω décroît alors rapidement. En outre, ces matériaux à base de mousse syntactique

30 sont très coûteux et très délicats à fabriquer en gros volumes, surtout pour les profondeurs extrêmes.

Lorsque le colis est déposé sur le fond de la mer, la flottabilité doit en général être supprimée de manière à ce qu'il reste stable. Dans le cas d'un réservoir rempli d'air, il suffit simplement d'ouvrir les vannes de manière à ce qu'il se remplisse d'eau de mer. Dans le cas d'un flotteur avec un matériau de flottabilité solide tel que en mousse syntactique, la seule solution est de le séparer en coupant les liens qui le relie au colis et de le remonter en surface, soit de manière contrôlée, ce qui représente un temps considérable, soit en le laissant remonter librement sans aucun contrôle, ce qui risque de créer des accidents avec les divers navires en opérations en surface.

L'adjonction de tels éléments de flottabilité permet de réduire le poids apparent dans l'eau du colis, mais, la masse dudit colis est alors augmentée de la dite flottabilité, ainsi que de la « masse ajoutée » d'eau, c'est à dire la masse d'eau adjacente au colis qui est entraînée lors des déplacements verticaux, vers le haut ou vers le bas. Ainsi, lors de la descente, bien que son poids apparent dans l'eau puisse être très faible, la masse inertielle à considérer est constituée de la masse du colis proprement dit, augmentée de la masse des éléments de flottabilité, augmentée encore de la « masse ajoutée » d'eau, ce qui peut représenter une masse d'inertie globale de 400 ou 500 tonnes pour un colis massif de 100 tonnes.

On cherche en général à améliorer les performances des éléments de flottabilité, de manière à minimiser non seulement la masse d'inertie globale, mais aussi la taille desdits éléments de flottabilité, de manière à limiter les effets des courants sous-marins sur l'ensemble du colis.

Un but de la présente invention est de fournir un matériau de flottabilité et de réaliser des éléments de flottabilité pour faciliter l'installation de colis lourds pouvant peser plusieurs centaines de tonnes, voire plusieurs milliers de tonnes, dans des profondeurs d'eau de 1000 à 4000m, voire plus, qui soit peu coûteux, facile à réaliser et à mettre en œuvre, et présentant un rapport $\omega = (\text{poussée d'Archimède} / \text{masse propre})$ optimal, c'est-à-dire largement supérieur à 1, notamment supérieur à 1,5 et en outre dont la valeur de ω soit quasiment indépendant de la profondeur à laquelle il est immergé, de manière à faciliter

l'installation dudit colis, en limitant notamment la prise latérale au courants marins sur l'ensemble colis + élément de flottabilité.

5 Un autre but de la présente invention est de fournir un matériau de flottabilité qui puisse être confiné dans une enveloppe qui ne requiert pas des propriétés de résistance mécanique à pression élevée pour être mise en place à grande profondeur.

10 Un autre but de la présente invention est de fournir des dispositif et procédé permettant de contrôler et faciliter la descente ou la remontée d'une structure lourde et, le cas échéant, volumineuse tels que des réceptacles de récupération d'effluents mentionnés précédemment, mais applicable à tout autre type de structure, voire de la stabiliser, entre la surface et le fond de la mer, notamment à grande profondeur.

15 Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé et une installation permettant de confiner et de récupérer le contenu des soutes et des cuves d'un navire, par exemple un pétrolier, reposant sur le fond marin, dans des profondeurs d'eau importantes, notamment supérieures à 3000 mètres, voire jusqu'à 4000 à 5000 mètres, et qui ne présentent pas les inconvénients des procédés et dispositifs antérieurs et, en particulier qui soient aisés et simples à mettre en œuvre malgré leur très grandes dimensions.

20 Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé et une installation permettant de confiner et récupérer des effluents polluants des soutes d'un navire échoué, notamment à grande profondeur, par l'intermédiaire d'un réceptacle rigide à base ouverte en forme de chapeau venant recouvrir entièrement l'épave du navire de manière à canaliser l'ensemble des effluents
25 s'échappant du navire dans un seul volume, voire à organiser la remontée en surface des effluents polluants depuis ledit réceptacle au fond de la mer dans de meilleures conditions.

30 Un autre but de la présente invention est donc, plus particulièrement, de fournir un réceptacle à base ouverte en forme de chapeau, apte à venir recouvrir entièrement une épave au fond de la mer et en récupérer des effluents polluants

s'en échappant, qui soit techniquement fiable et qui puisse être mise en place au fond de la mer selon un procédé simple et techniquement fiable.

Pour ce faire, la présente invention a pour objet l'utilisation d'un fluide de flottabilité de densité inférieure à celle de l'eau de mer confiné dans une
5 enveloppe rigide ou souple étanche, pour constituer un élément de flottabilité immergé, caractérisé en ce que le dit fluide de flottabilité est un composé se trouvant naturellement à l'état gazeux à température et pression atmosphériques ambiantes, et à l'état liquide à la profondeur sous-marine à laquelle ledit élément de flottabilité est immergé.

10 Ce type de composé est aussi appelé couramment (et improprement) « gaz liquéfié »

Les conditions de température et pression atmosphériques ambiantes correspondent à des températures de -10 à $+40^{\circ}\text{C}$ et à une pression atmosphérique absolue théorique de 101325 Pa , au niveau de la mer, et dont la
15 valeur approchée de 100000 Pa , soit 0.1 MPa , est utilisée dans l'ensemble de la description de la présente invention.

Les conditions de température et pression ambiantes sous-marines correspondent en général à une température de 1 à 35°C , de préférence 3 à 25°C , et une pression supérieure à la pression atmosphérique, plus précisément une
20 pression augmentant sensiblement de 10^5 Pa par tranche de 10 m .

Dans certaines régions arctiques, on peut être amené à rencontrer des eaux à une température largement inférieure 0°C , par exemple -5 à -8°C , mais en règle générale les eaux profondes sont aux environs de 1 à $4-5^{\circ}\text{C}$ dans toutes les mers du monde.

25 Les composés selon l'invention présentent une température critique, de préférence supérieure à 35°C , de préférence encore supérieure à 40°C . On entend ici par « température critique » la température au-dessus de laquelle ledit composé se trouve dans un état fluide présentant des propriétés appartenant à la fois aux gaz et aux liquides, et donc à une température au-dessus de laquelle ledit
30 composé ne peut pas se trouver à l'état liquide.

La présente invention fournit également un élément de flottabilité immergé conférant de la flottabilité à une structure immergée à laquelle il est relié ou fixé ou dans laquelle il est intégré, caractérisé en ce qu'il comprend une dite enveloppe immergée dans laquelle le dit composé liquéfié est confiné de manière étanche.

- 5 Dans une première variante, la dite enveloppe est constituée ou placée à l'intérieur des parois d'un compartiment d'une structure immergée.

- Dans une seconde variante, ladite enveloppe est placée à l'extérieur de la dite structure à laquelle elle est reliée ou fixée, plus particulièrement ladite structure immergée est suspendue au dit élément de flottabilité par au moins un
10 câble.

Dans cette seconde variante, ledit élément de flottabilité peut comprendre une dite enveloppe souple de préférence de forme à profil hydrodynamique minimisant les efforts lors de ses déplacements verticaux lorsqu'elle est remplie du dit fluide de flottabilité.

- 15 Dans un mode préféré de réalisation, ledit fluide de flottabilité se trouve naturellement à l'état liquide stable lorsqu'il est placé à la profondeur sous-marine de 10 à 500 m, de préférence de 20 à 100 m. A ces profondeurs, la température est comprise entre 3°C et 25°C et la pression est respectivement de 0.1MPa à 5MPa, de préférence de 0.2MPa à 1 MPa.

- 20 De préférence encore, ledit fluide est un fluide quasi incompressible et présente une densité à l'état liquide, de 0,3 à 0,8, de préférence de 0,5 à 0,7.

De préférence également, le dit gaz est choisi parmi l'ammoniac, un alcane en C-2 à C-7, un alcène en C-2 à C-7, un alcyne en C-2 à C-7, et un diène en C-4 à C-7.

- 25 Plus particulièrement, on choisit des composés facilement disponibles dans le commerce, tels que : ammoniac, éthane, butane, propane, éthylène, propène, butène, acétylène, méthyl acétylène, propadiène et butadiène.

On entend ici par « butène » les différents isomères tels que le butène-1 et les cis ou trans-butène-2.

Dans un mode préféré de réalisation, ledit composé est choisi parmi l'ammoniac, le propane et le butane.

5 Comme il sera explicité ci-après, ces derniers composés représentent un bon compromis entre les valeurs de caractéristiques de densité à l'état liquide et de pression de vapeur. En effet, pour un gaz en général, lorsque sa densité à l'état liquide augmente, sa pression de vapeur à la température de référence 15°C, décroît, et donc la profondeur minimale d'eau à laquelle le composé est
10 destiné à être placé décroît elle aussi. Ces trois composés présentent des masses volumiques comprises sensiblement entre 510 et 630 kg/m³ et, les profondeurs minimales auxquelles peuvent être remplies lesdites enveloppes rigides ou souples, sont comprises, respectivement, sensiblement entre des profondeurs de 65m à 7,5m (voir tableau 1 ci-après), lorsque la température ambiante est
15 d'environ 15°C.

Ainsi, si la structure lourde présente, en quantité, des cavités internes étanches qui peuvent jouer le rôle d'enveloppe rigide on utilisera avantageusement le butane. Mais si l'on doit réaliser des enveloppes externes
20 additionnelles souples ou rigides, on utilisera avantageusement du propane, de manière à réduire au minimum la taille desdites enveloppes et donc leur coût. Le gain en volume de propane nécessaire étant d'environ 15% par rapport au butane, il en résultera alors non seulement une réduction du coût de l'enveloppe, mais aussi du coût du gaz liquéfié, car les prix unitaires du butane et du propane sont sensiblement les mêmes. Par contre les opérations de transfert se passent à plus
25 grande profondeur et en cas d'utilisation de plongeurs pour superviser les opérations, le matériel nécessaire ainsi que le personnel présentent une qualification plus élevée, donc avec un surcoût significatif par rapport à une simple plongée de surface.

La présente invention fournit également un procédé de mise en place entre
30 la surface et le fond de la mer d'un élément de flottabilité. Selon l'invention, ledit fluide est stocké dans un réservoir sur un navire en surface à l'état liquide

comprimé ou refroidi, et il est injecté à l'état liquide dans une conduite depuis la surface ou il est stocké jusque dans une dite enveloppe immergée à une profondeur sous marine à laquelle la pression sous-marine est supérieure ou égale à la pression de vapeur du gaz correspondant audit composé à la
5 température ambiante à la dite profondeur.

Dans le cas où ladite enveloppe est une enveloppe souple, celle-ci peut être descendue à la profondeur voulue, à vide, ramassée ou repliée sur elle-même.

Avantageusement, ladite enveloppe est préalablement remplie d'eau de
10 mer ou d'un autre fluide de préférence un composé liquide à pression et température atmosphérique, incompressible tel que du gazole, de l'eau douce, ou du méthanol, et on évacue l'eau de mer ou le dit autre fluide de l'enveloppe au fur et à mesure du remplissage du dit fluide de flottabilité.

Dans un mode de réalisation avantageux, ladite enveloppe est
15 préalablement remplie d'eau de mer et, avant son remplissage avec ledit fluide de flottabilité selon l'invention, on injecte une quantité limitée de méthanol apte à empêcher la formation d'hydrates. En effet, le méthanol qui est de densité intermédiaire entre l'eau de mer et un fluide de flottabilité selon l'invention, crée un écran évitant le contact direct entre ledit fluide de flottabilité et l'eau et empêche
20 ainsi les réactions chimiques conduisant à la formation d'hydrates lorsque ledit fluide de flottabilité se combine à l'eau. Ces hydrates risquent de bloquer les canalisations et d'empêcher la récupération des gaz liquéfiés en fin de phase d'installation.

Plus particulièrement encore, on remplit la dite enveloppe en surface à
25 l'aide d'un dit autre fluide, et on descend la dite enveloppe ainsi remplie à une profondeur où la pression hydrostatique correspond à la pression à laquelle le dit fluide de flottabilité est ensuite injecté dans la dite enveloppe au fur et à mesure que l'on évacue le dit autre fluide .

Dans une variante de réalisation, ledit fluide de flottabilité est stocké à l'état
30 liquide refroidi dans un réservoir cryogénique et à pression atmosphérique et est

injecté à l'état liquide sous pression dans la dite enveloppe immergée à une pression correspondant à la pression hydrostatique à la profondeur de la dite enveloppe, ledit fluide de flottabilité passant dans un échangeur de chaleur de manière à ce que la température du dit fluide soit portée sensiblement à celle de l'eau de mer à la profondeur de la dite enveloppe immergée avant son remplissage.

La présente invention fournit également un dispositif de stabilisation ou de contrôle de la descente ou remontée d'une structure entre la surface et le fond de la mer, comprenant ou relié à un élément de flottabilité selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un élément de liaison du type câble ou chaîne dont :

- une première extrémité est reliée à un treuil à bord d'un support flottant ou navire en surface, sur lequel treuil elle est enroulée, et
- une deuxième extrémité est reliée à un élément d'accrochage, sur ladite structure, ou sur au moins un premier élément de flottabilité selon l'invention, relié à ladite structure, et
- la longueur dudit élément de liaison est telle que ledit treuil est apte à enrouler ou dérouler ladite première extrémité dudit élément de liaison, de sorte qu'une portion inférieure dudit élément de liaison puisse pendre au dessous ledit élément d'accrochage, c'est-à-dire dessous le point d'attache de ladite deuxième extrémité audit élément d'accrochage.

Ladite structure est donc, le cas échéant, suspendue à un ou plusieurs dits premiers éléments de flottabilité selon l'invention disposés au-dessus d'elle. Ladite structure peut également comprendre des seconds éléments de flottabilité intégrée ou incorporés à l'intérieur de ladite structure, c'est-à-dire que lesdits seconds éléments de flottabilité ne déplacent pas de volume d'eau supplémentaire par rapport au volume d'eau déplacé par ladite structure, de préférence desdits seconds éléments de flottabilité selon l'invention.

On comprend que le dispositif de stabilisation permet de faire varier la longueur et donc le poids de ladite portion inférieure de l'élément de liaison

pendant en-dessous dudit élément d'accrochage sur ladite structure et supportée par ladite structure.

5 Dans le cas d'une structure massive, le dispositif de stabilisation et de contrôle selon l'invention comprend au moins deux dits éléments de liaison et ladite structure comprend plusieurs dits éléments d'accrochage et lesdits éléments de liaison et dits éléments d'accrochage sont de préférence disposés symétriquement respectivement autour et sur la périphérie de ladite structure.

10 Plus précisément, la présente invention fournit également un procédé de descente ou remontée ou stabilisation d'une structure entre la surface et le fond de la mer à l'aide d'un dispositif de stabilisation, selon lequel on réalise des étapes dans lesquelles on déroule ou enroule le(s)dit(s) élément(s) de liaison au niveau de leur(s) dite(s) première(s) extrémité(s) à l'aide de dit(s) treuil(s) et on contrôle la vitesse de descente ou respectivement de remontée en régulant la vitesse de déroulement ou respectivement d'enroulement de(s)dit(s) élément(s) de liaison au
15 niveau de(s)dit(s) treuil(s), de manière à régler la longueur de ladite portion inférieure de(s)dit(s) élément(s) de liaison pendant dessous le(s)dit(s) éléments d'accrochage sur ladite structure ou ledit premier élément de flottabilité, la descente, la remontée ou la stabilisation de ladite structure étant obtenue lorsque respectivement, la somme du poids de la partie de la (ou des) dite(s) portion(s)
20 inférieure(s) du (ou des) élément(s) de liaison entre d'une part, le(s)dit(s) point(s) d'attache au(x)dit(s) élément(s) d'accrochage ou ledit premier élément de flottabilité sur ladite structure et, d'autre part, le(s) point(s) le plus bas de la(ou des) dite(s) portion(s) inférieure(s), additionné au poids de ladite structure et de(s)dit(s) premier(s) élément(s) de flottabilité selon l'invention, est respectivement
25 supérieure, inférieure ou égale à la poussée d'Archimède s'exerçant sur l'ensemble de ladite structure et desdits premiers éléments de flottabilité selon l'invention (c'est-à-dire le poids du volume d'eau total déplacé).

Dans un mode de réalisation le dispositif de stabilisation et de contrôle comprend un dit élément de liaison est constitué par un câble dont ladite portion
30 inférieure comprend des blocs alourdissants disposés en chapelet sur un dit câble, de préférence des blocs métalliques solidarisés audit câble par sertissage.

Dans un mode préféré de réalisation, lesdits blocs présentent une forme telle que lorsque ladite portion inférieure pendant dessous lesdits éléments d'accrochage adopte une forme courbe, deux dits blocs disposés côte à côte sont aptes à venir en butée l'un contre l'autre limitant ainsi la courbure dudit câble.

5 Plus particulièrement, la courbure dudit câble est limitée de manière à ce que le rayon de courbure minimale desdits câbles au niveau de ladite portion inférieure permette de maintenir une distance minimale entre ledit câble et ladite structure, suffisante pour empêcher tout contact mécanique entre eux lors d'une dite descente ou remontée de ladite structure.

10 Plus particulièrement et avantageusement encore, lesdits blocs présentent une partie centrale cylindrique encadrée par deux extrémités tronconiques dont les axes (c'est-à-dire les axes dudit cylindre et des deux extrémités tronconiques venant coiffer ces bases) correspondent à la direction dudit câble lorsque celui-ci est disposé linéairement, deux blocs adjacents étant en contact au niveau
15 desdites extrémités tronconiques le long d'une génératrice desdites extrémités tronconiques dans les parties courbes de ladite portion inférieure.

Dans un autre mode de réalisation, ledit élément de liaison comprend une chaîne dont ladite portion inférieure comprend des maillons plus lourds que ceux du reste de la chaîne, et de préférence plus volumineux de manière à limiter la
20 courbure éventuelle de la chaîne.

Avantageusement, lesdits premiers éléments de flottabilité selon l'invention sont disposés le cas échéant au-dessus de ladite structure auxquels celle-ci est suspendue et, le cas échéant, desdits seconds éléments de flottabilité de préférence selon l'invention sont intégrés dans la partie supérieure de ladite
25 structure, de préférence intégrés au-dessus desdits éléments d'accrochage de manière à ce que le centre de gravité de l'ensemble de ladite structure et desdits premiers éléments de flottabilité selon l'invention soit situé dessous le centre de poussée s'exerçant sur l'ensemble de ladite structure et desdits premiers éléments de flottabilité selon l'invention, de manière à assurer la stabilité
30 d'ensemble pendant toute la phase d'installation.

On entend par centre de poussée le point où s'exerce la résultante de la poussée d'Archimède. (Le centre de poussée est le centre de gravité du volume d'eau déplacé par ladite structure).

5 Comme mentionné précédemment, ladite structure lourde peut être constituée par tout colis notamment colis lourd, module, outil, ou embase tel que décrit dans la demande de brevet européen au nom de la demanderesse non publiée n° 0435802.6, que l'on souhaite immobiliser à proximité du fond de la mer ou ancrer sur une paroi ou un élément reposant au fond de la mer.

10 De préférence, ladite structure est une structure rigide en acier, métal ou matériau synthétique composite renfermant au moins un, de préférence une pluralité de compartiments de flottabilité étanches aptes à former un dit élément de flottabilité, ledit compartiment étant équipé d'au moins un orifice de remplissage et de préférence d'au moins un orifice d'évacuation, lesdits compartiments étanches étant de préférence répartis symétriquement dans lesdites parois.

15 Les compartiments étanches sont des cavités destinées à être remplies totalement ou partiellement de fluide de flottabilité plus léger que l'eau de mer selon l'invention et constituent donc des compartiments apportant de la flottabilité à la structure, permettant son remorquage en surface et sa descente au fond de la mer lors de sa mise en place dans des conditions techniques fiables et simples à
20 réaliser, comme il sera explicité plus loin.

On entend par "répartition symétrique des compartiments que ceux-ci sont disposés symétriquement par rapport à un ou plusieurs plans médians de symétrie de ladite structure, ce qui permet, comme il sera explicité ci-après, de faciliter l'équilibrage et le positionnement de la base de ladite structure de façon
25 sensiblement horizontale.

Avantageusement, la structure rigide comprend des profilés tubulaires creux définissant des compartiments étanches et formant desdits éléments de flottabilité selon l'invention.

30 Avantageusement, on utilise les réservoirs ou les ballons associés au traitement du pétrole notamment pour effectuer la séparation eau/pétrole/gaz,

pour définir de manière provisoire des compartiments étanches formant desdits éléments de flottabilité selon l'invention.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, ladite structure est une structure massive constituée par un réceptacle à base ouverte, en forme de chapeau, comprenant une paroi latérale périphérique surmontée d'une paroi de plafond, apte à venir recouvrir entièrement une épave d'un navire au fond de la mer pour récupérer des effluents polluants s'en échappant, ledit réceptacle comprenant au moins un orifice d'évacuation desdits effluents contenus dans le volume intérieur dudit réceptacle; ledit orifice d'évacuation étant situé de préférence au niveau du plafond du réceptacle.

En général, ledit réceptacle présente un axe longitudinal de symétrie à l'instar desdits navires destinés à être recouverts, et ledit réceptacle présente un plan axial longitudinal vertical de symétrie lorsque la base ouverte du réceptacle est en position horizontale, et plus particulièrement encore, ledit réceptacle présente un deuxième plan transversal vertical de symétrie.

Afin de faciliter la mise en place de la dite structure au fond de la mer, celle-ci est équipée à l'extérieur :

- d'élément d'accrochage permettant d'y accrocher desdits éléments de flottabilité et desdits câbles ou des chaînes permettant la descente de ladite structure depuis la surface, et sa mise en place et, le cas échéant, son ancrage au fond de la mer, et
- de préférence des propulseurs, de préférence encore des propulseurs orientables, permettant le déplacement du réceptacle dans une direction horizontale pour le positionner au-dessus de la dite épave.

Lesdits éléments d'accrochage peuvent donc permettre d'accrocher à ladite structure des flotteurs additionnels selon l'invention.

Afin de faciliter la mise en place de ladite structure au fond de la mer, celle-ci est équipée à l'extérieur :

- d'élément(s) d'accrochage permettant d'y accrocher un ou desdits éléments de flottabilité et de(s)dit(s) câble(s) ou de(s) chaîne(s) permettant la

descente de ladite structure depuis la surface, et sa mise en place et le cas échéant son ancrage au fond de la mer, et

- de préférence des propulseurs, de préférence encore des propulseurs orientables, permettant le déplacement du réceptacle dans une direction horizontale pour le positionner au-dessus de ladite épave.

Lesdits éléments d'accrochage peuvent donc permettre d'accrocher à ladite structure des flotteurs additionnels selon l'invention.

En effet, la présente invention a également pour objet un procédé de mise en place d'une structure, notamment d'un réceptacle selon l'invention, pour recouvrir une épave d'un navire au fond de la mer et en récupérer des effluents polluants s'en échappant, caractérisé en ce qu'on réalise les étapes successives dans lesquelles :

1) on remplit totalement ou partiellement desdits compartiments étanches avec un dit fluide de flottabilité selon l'invention, pour constituer un élément de flottabilité selon l'invention, et on adapte le taux de remplissage desdits compartiments étanches de manière à positionner ladite structure, notamment ledit réceptacle en équilibre en immersion à proximité de la surface, notamment à quelques mètres, par exemple à 10 mètres, et

2) on descend ladite structure, le cas échéant, à sa position immergée voulue, notamment ledit réceptacle à proximité du fond de la mer, au-dessus de l'épave, en contrôlant la descente à l'aide d'un dispositif de stabilisation ou de contrôle de la descente ou de la remontée d'une structure selon l'invention, notamment à l'aide d'une pluralité de câbles déroulés de préférence depuis des treuils à bord de navires en surface, lesdits câbles étant reliés à des longueurs de chaînes lourdes, les chaînes étant elles-même reliées, à leur autre extrémité, à desdits éléments d'accrochage solidaires de ladite structure, de préférence répartis symétriquement sur la périphérie de ladite structure, le poids des longueurs de chaînes pendantes dessous les points d'attaches sur lesdits éléments d'accrochage permettant la descente de ladite structure, et les longueurs desdites chaînes pendantes dessous lesdits points d'attache des éléments au point d'accrochage étant adaptées par déroulement ou enroulement desdits câbles, de préférence autour desdits treuils, de manière à réguler la vitesse de

descente du réceptacle et assurer l'équilibrage de la base de ladite structure, notamment la base de ladite structure sensiblement horizontale pendant la descente, et

- 3) lorsque ladite structure est en place à sa position voulue, notamment
- 5 lorsque ledit réceptacle est mis en place au fond de la mer de manière à recouvrir ladite épave, on vidange lesdits compartiments étanches remplis d'un fluide plus léger que l'eau de mer, et on remplit simultanément lesdits compartiments étanches avec de l'eau de mer.

- Avant et/ou après l'étape 1), mais avant l'étape 2) ci-dessus, on peut
- 10 remorquer, à l'aide de navires, ladite structure, notamment ledit réceptacle flottant en surface, lesdits compartiments étanches étant remplis d'air et flottant entre deux eaux à fleur de la surface ou lesdits compartiments étanches étant entièrement remplis d'un fluide plus léger que l'eau de mer.

- A l'étape 1) ci-dessus, on comprend que le remplissage desdits
- 15 compartiments étanches, avec un fluide plus léger que l'eau de mer, est réalisé dans les différents compartiments en fonction de leur répartition dans les parois du réceptacle, de manière à ce que la base ouverte de ladite structure reste sensiblement horizontale d'une part et que, d'autre part, le centre de poussée du réceptacle soit sensiblement au-dessus du centre de gravité de ladite structure.
- 20 Ceci vaut pour le choix des compartiments à remplir ainsi que leur taux de remplissage.

- Avantageusement, à l'étape 1), on apporte de la flottabilité supplémentaire à ladite structure à l'aide de flotteurs additionnels à l'aide de dits premiers éléments de flottabilité reliés à ladite structure, notamment audit réceptacle, et à
- 25 l'étape 3), lorsque ladite structure est en position sous-marine voulue, notamment au fond de la mer, on libère lesdits flotteurs additionnels.

- Avantageusement encore, après l'étape 1) et avant l'étape 2), lorsque ladite structure arrive en position voulue, notamment à proximité, du fond de la mer, on réduit les longueurs desdites chaînes lourdes pendantes dessous lesdits éléments
- 30 d'accrochage et supportées par ladite structure de manière à stabiliser ladite structure en suspension, et le cas échéant, on réalise l'ancrage de ladite structure

au fond de la mer, puis on descend complètement lesdites chaînes lourdes pour que l'intégralité de leur poids participe à la stabilisation de ladite structure, notamment de ladite structure au fond de la mer.

5 On peut récupérer les chaînes lourdes en les déconnectant de ladite structure, mais comme explicité ci-après, pour augmenter la stabilité de ladite structure, notamment dudit réceptacle, lesdites chaînes lourdes peuvent être accrochées à leurs deux extrémités aux dits éléments d'accrochage sur ladite structure ou, plus simplement, l'extrémité libre desdites chaînes lourdes peut être posée sur le plafond de ladite structure, notamment dudit réceptacle après
10 accrochage des câbles reliés aux navires de surface, puis les câbles reliés au navire de surface sont décrochés desdites chaînes.

Avantageusement, dans le procédé selon l'invention, on peut positionner ladite structure par mise en action de propulseurs montés à l'extérieur de ladite structure et répartis de préférence symétriquement sur sa périphérie.

15 Plus particulièrement encore, dans un procédé selon l'invention, à l'étape 1), on remplit le(s)dit(s) compartiment(s), ou enveloppe(s) relié(e)(s) à ladite structure à l'aide d'eau de mer ou d'un premier fluide plus léger que l'eau de mer correspondant à un dit fluide de flottabilité selon l'invention, et à l'étape 2), on descend ladite structure jusqu'à une profondeur de 30 à 60 mètres correspondant
20 à une pression de 3 à 6 bars à laquelle on injecte un gaz liquéfié sous pression plus léger que l'eau de mer dans le(s)dit(s) compartiment(s) ou dite(s) enveloppe(s) depuis un navire gazier en surface pour former un élément de flottabilité selon l'invention.

25 La mise en œuvre de gaz liquéfié à titre de fluide plus léger que l'eau de mer permet d'obtenir des fluides de densité à l'état liquide comprise entre 0,5 et 0,7 apportant une flottabilité deux à trois fois plus importante que le gazole ($d=0,85$) et permettant, ainsi, de mettre en œuvre des volumes de compartiments étanches considérablement réduits. De plus, en cas d'incident lors de l'installation, ces produits sont beaucoup moins polluants que du gazole ou de l'huile, car ils se
30 dispersent naturellement dès qu'ils arrivent en surface, en retournant à l'état gazeux.

Enfin, la présente invention a également pour objet un procédé de récupération des effluents polluants plus légers que l'eau de mer, contenus dans les cuves d'une épave de navire reposant au fond de la mer dans lequel :

1) on met en place un réceptacle selon un procédé de stabilisation et de
5 contrôle de descente selon l'invention et

2) on recueille les effluents récupérés à l'intérieur dudit réceptacle en évacuant par ledit orifice supérieur d'évacuation.

Pour recueillir les effluents s'échappant dudit orifice supérieur d'évacuation, on peut mettre en œuvre une conduite reliée à un navire en surface ou des
10 dispositifs de récupération tels que décrit dans la demande de brevet FR2 804 935 de la demanderesse, ou encore des réservoirs navettes tels que décrits dans la demande européenne non publiée n° 03 358 003.6 de la demanderesse.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux à la lecture de la description qui va suivre, faite de manière illustrative et
15 non limitative, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une coupe en vue de côté d'une dite structure consistant en un réceptacle appelé ci-après « sarcophage » en cours de descente vers une épave;

la figure 2 est une coupe en vue de côté d'un réceptacle rigide reposant au
20 fond de la mer et enveloppant intégralement l'épave ;

la figure 3 est une perspective en vue de coupe arrachée, de la structure du sarcophage ;

la figure 4 est une coupe en vue de côté du sarcophage en cours de descente, détaillant le mode de régulation de la descente à l'aide de chaînes
25 lourdes ;

les figures 4a et 4b détaillent le mode de mise en œuvre variable des dites chaînes lourdes ;

la figure 5 est une coupe en vue de côté d'un sarcophage composé d'une structure porteuse rigide en poutres métalliques, associée à des réservoirs de

flottabilité remplis d'un fluide de faible densité intégrés entre celles-ci et fermée par des toiles membranes étanches sur la face externe de la structure ;

la figure 6 est une coupe en vue de côté d'un sarcophage réalisé en béton allégé, et comportant des volumes internes formant des compartiments étanches
5 remplis d'un fluide de faible densité assurant la flottabilité ;

les figures 7a et 7b représentent une coupe en vue de côté d'un sarcophage respectivement en cours de remorquage, ses compartiments de flottabilité étant remplis d'eau de mer 9a, et en 9b, à la verticale de l'épave, lors de la phase de remplissage desdits compartiments de flottabilité par un gaz liquéfié
10 de faible densité;

la figure 8a est une vue de côté d'un réservoir navette stabilisé dans sa remontée par un câble de liaison alourdi par des blocs solidaires de ce dernier et jouant aussi le rôle de limiteur de courbure,

les figures 8b et 8c représentent des états similaires à celui de la figure
15 11a, le réservoir navette étant en phase de remontée sur la figure 11b et en descente sur la figure 8c,

la figure 8d représente le détail de deux blocs 31 en contact, lorsque ledit câble de liaison est courbé,

la figure 9 représente un réservoir navette coopérant avec la paroi
20 supérieure d'une structure du type sarcophage pour en récupérer le pétrole s'écoulant d'un navire échoué et confiné sous le sarcophage ;

la figure 10a représente en coupe en vue de côté une structure consistant en un module de traitement de pétrole suspendu en sub surface par l'intermédiaire de câbles à deux barges flottantes, l'ensemble étant en cours de remorquage vers
25 le site d'installation ;

la figure 10b représente en coupe en vue de côté ledit module de traitement de pétrole descendu à une profondeur de 20 à 40 m, un navire gazier étant en train de transférer le fluide de flottabilité vers une enveloppe souple de type baudruche ;

la figure 11 représente la descente d'une structure consistant en un
30 dispositif d'ancrage et perçage contrôlé par une chaîne de stabilisation et des éléments de flottabilité selon l'invention.

Dans la figure 1, on a représenté la coque d'une épave ou une paroi de cuve 6 reposant sur le fond de la mer 7 remplie d'hydrocarbure 8 dont la densité est inférieure à l'eau de mer. Ledit hydrocarbure se trouve confiné dans la partie haute de la cuve ou de l'épave 6, la partie basse étant, quant à elle, remplie d'eau de mer. Le navire 6 possédant en général de multiples ouvertures fermées hermétiquement au niveau du pont, des fuites pourront se produire dès lors que cette étanchéité viendrait à être dégradée de par la déformation ou la rupture de la coque lors du naufrage.

Un réceptacle 1 rigide selon l'invention appelé ci-après "sarcophage" constitué d'une structure rigide est descendu depuis la surface sous le contrôle de câbles 12 reliés à des navires 20 à positionnement dynamique situés en surface, comme montré sur les figures 1 et 2.

Le réceptacle 1, décrit sur les figures 1 à 3, présente un plan axial vertical et longitudinal de symétrie (XOZ) et comprend :

- une paroi de plafond 3, 3a, 3b) comprenant deux parois longitudinales latérales 3a, 3b inclinées par rapport audit plan axial vertical de symétrie dudit réceptacle, de manière à former en section transversale (YOZ) un V inversé, et
- une paroi latérale 2 comprenant :
 - deux parois latérales longitudinales 2a, 2b verticales ou inclinées par rapport audit plan axial vertical de symétrie (XOZ), chacune étant contiguë à une dite paroi longitudinale de plafond 3a, 3b, et
 - deux parois transversales d'extrémité 2₁, verticales ou inclinées, de préférence symétriquement, par rapport à un plan transversal vertical de symétrie (YOZ).

Comme détaillé sur la figure 3, le sarcophage 1 est constitué d'une coque en configuration renversée, ladite coque étant étanche et à doubles parois constituant ainsi des parois 4₁ de compartiments étanches 4, de préférence une multitude de compartiments étanches en continuité les uns des autres. La structure est constituée de membrures transversales 4₃, ajourées ou pleines au sein d'un même compartiment étanche, et associées à des membrures longitudinales ajourées ou pleines 4₆. Sur la figure 3, on montre dans une section

transversale éclatée correspondant au plan YOZ, une moitié droite de double paroi 3b de plafond, plane, inclinée par rapport à l'horizontale, par exemple de 10 à 20 °, mais pouvant être horizontale, et lorsqu'elle est inclinée formant un plafond en configuration de V renversé avec l'autre moitié de double parois de plafond 3b.

5 Chaque paroi longitudinale de plafond 3a, 3b se raccorde par son bord inférieur à une double paroi latérale 2a, 2b, plane, verticale ou inclinée par rapport à la verticale, notamment de 5 à 20°, de préférence selon une inclinaison moindre que lesdites parois longitudinales de plafond incliné. Les deux extrémités du sarcophage 1 selon l'axe longitudinal XX' sont fermées par des doubles parois
10 d'extrémité 2, 2a, 2₁ assurant la jonction entre les bords d'extrémité des doubles parois latérales 2a, 2b et des doubles parois du plafond 3, 3a, 3b et lesdites parois latérales d'extrémité 2₁ étant perpendiculaires à l'axe longitudinal XX'. La partie basse est entièrement libre, de manière à ce que le sarcophage puisse venir couvrir, telle une cloche, l'épave 6 à confiner.

15 Les volumes compris à l'intérieur des diverses doubles parois 2₁, 2, 2a, 2b et 3, 3a, 3b et délimités par les parois interne et externe et les membrures 4₃, 4₆ pleines forment les parois 4₁ des compartiments 4 étanches vis à vis de l'extérieur, ce qui permet de les remplir d'un fluide de densité inférieure à l'eau de mer, ledit fluide jouant alors le rôle de flotteur et venant compenser le poids propre de la
20 structure rigide du réceptacle sarcophage 1.

Ladite coque constitutive du sarcophage est avantageusement construite au sec dans une darse, puis, les compartiments étanches 4 compris à l'intérieur des doubles parois 2₁, 2, 2a, 2b et 3, 3a, 3b sont obturés de manière étanche. Après remplissage de la darse, le sarcophage 1 flotte et dépasse
25 largement le niveau de l'eau, du fait que lesdits compartiments 4 sont remplis d'air. En cas de risque d'instabilité à cette étape, on rajoute avantageusement un lest temporaire en partie basse.

Le sarcophage 1 est alors remorqué vers des eaux profondes où l'intégralité des compartiments 4 constituant les volumes de flottabilité, est rempli
30 du fluide de flottabilité, par exemple du gazole dont la densité est voisine de 0.85, mais de préférence un fluide constitué d'ammoniac, butane, ou propane ou un

autre gaz liquéfié sous pression comme décrit ci-après. Le volume de flottabilité est avantageusement ajusté pour que le sarcophage soit en équilibre entre deux eaux, l'équilibre d'ensemble étant éventuellement assuré par des flotteurs additionnels 19 capables de résister à la pression de fond, c'est à dire environ 350
5 bars pour 3500 m de profondeur. Lesdits flotteurs additionnels 19 peuvent être constitués de mousse syntactique, c'est à dire de micro-sphères de verre emprisonnées dans un liant de type résine époxy ou polyuréthane mais sont avantageusement constitués d'un gaz liquéfié sous pression comme décrit ci-après, notamment de l'ammoniac, du butane, ou du propane.

10 Le sarcophage 1 est alors remorqué vers le site, puis, une fois sur place, au moins deux, de préférence quatre navires 20 se connectent aux extrémités du sarcophage 1, de la manière suivante.

Chacun des navires 20 comporte un treuil 12₁ muni d'un câble 12, de préférence en acier, dont la longueur est supérieure à la profondeur d'eau, par
15 exemple 130% de ladite profondeur d'eau. L'extrémité dudit câble 12 est reliée à une longueur de chaîne lourde 13, par exemple 100 m de chaîne de 6" diamètre, l'extrémité de ladite chaîne étant reliée à une poutre renforcée 10 constituant un élément d'accrochage solidaire de la structure et débordant du sarcophage 1, comme explicité dans les figures 1-4-6.

20 Les chaînes lourdes 13 ont un effet auto-régulateur lors de la descente du sarcophage vers le fond de la mer 7 et leur fonctionnement est expliqué sur les figures 4, 4a et 4b.

Sur la figure 4, le câble 12 est en position intermédiaire et forme une courbe en double chaînette, une partie du poids de chaîne 13 (F) étant supportée par le
25 sarcophage, l'autre portion de la chaînette étant supportée via le câble 12 directement par le navire 20 de surface. Ainsi, le sarcophage est maintenu en équilibre entre deux eaux sous l'effet de cette force F.

Lorsque le treuil 12₁ du navire 20 de surface enroule du câble 12, il remonte la chaîne 13 comme indiqué sur la figure 4a, ce qui a pour effet de réduire le poids
30 de la chaîne porté par le réceptacle à F_{\min} , car alors, l'intégralité du poids de la

chaîne est supporté par le navire 20 de surface : le sarcophage 1 présente alors un poids apparent dans l'eau plus faible et il remonte pour se rapprocher d'une position d'équilibre selon la figure 4 et s'y stabiliser.

5 Inversement, lorsque le treuil 12₁ du navire 20 de surface dévire du câble 12, il abaisse la chaîne 13 comme indiqué sur la figure 4b, ce qui a pour effet d'augmenter le poids apporté par la chaîne jusqu'à F_{\max} . Le sarcophage 1 présente ainsi un poids apparent dans l'eau plus important et il coule pour se rapprocher de sa position d'équilibre selon la figure 4 et s'y stabiliser.

10 Ainsi dans tous les cas, la configuration des chaînes 13 en double chaînette a un effet auto régulateur sur la position du sarcophage lors de la descente. Mais, il convient cependant de synchroniser de manière très précise le dévirage des câbles 12 de tous les treuils 12₁ impliqués dans la manœuvre, pour que le sarcophage 1 effectue sa descente en restant sensiblement horizontal. De plus
15 les navires 20 doivent rester à une distance sensiblement constante de l'axe du réceptacle et de préférence, deux navires 20a et 20b reliés à des éléments d'accrochage opposés 10 (figure 1) doivent être situés sensiblement dans un plan vertical passant par les points d'attache des chaînes 13 sur les poutres 10 du sarcophage 1, ce qui implique l'utilisation avantageuse de navires à positionnement dynamique utilisant un système de radiolocalisation de type GPS.

20 La descente du sarcophage 1 s'effectue, de préférence de manière continue jusqu'à une distance proche de l'épave 6, par exemple jusqu'à 50 m du fond. Puis, le sarcophage est positionné à l'axe de l'épave 6 et orienté dans la bonne direction par simple mouvement d'ensemble des navires 20 de surface. Lesdits mouvements des navires 20 ont un effet retardé de quelques minutes à
25 quelques dizaines de minutes, sur les mouvements correspondants du sarcophage situé à quelques milliers de mètres plus bas. Pour faciliter la manœuvre, on installe avantageusement des propulseurs orientables 16, de préférence aux extrémités de la structure, plus particulièrement aux quatre angles du plafond, lesdits propulseurs 16 étant alimentés par un ombilical 16₁ de
30 puissance et de contrôle relié à un navire 20 en surface.

Dans une variante illustrée sur les figures 1 et 2, on installe des treuils 14₁ sur les parois périphériques latérales du sarcophage, et, lorsque ledit sarcophage 1 est proche de l'épave, un ROV 22 sous-marin automatique, piloté depuis la surface, connecte des câbles 14 desdits treuils 14₁ à un ancrage 15₁, 15₂ pré-
5 installé à proximité de l'épave, par exemple une ancre à succion 15₁, ou un corps mort 15₂.

Après mise en place finale du sarcophage, les chaînes lourdes sont reposées sur le fond de la mer 7 comme illustré sur la figure 2, puis les flotteurs additionnels 19 sont décrochés au moyen du ROV 22, ces derniers remontent
10 alors librement en surface où ils sont récupérés. On prend soin éventuellement d'équiper chacun d'eux d'une balise acoustique, ce qui permet de suivre leur remontée à l'aide des sonars des navires 20 et de déplacer en conséquence les navires pour éviter toute collision quand ils font surface. Le sarcophage 1 est alors stable au fond, mais on améliore encore sa stabilité en récupérant la
15 cargaison de flottabilité, par exemple le gazole, comme explicité sur la figure 2. A cet effet, on connecte depuis la surface, à l'aide du ROV 22, une conduite 23, de préférence flexible, de préférence en configuration de S, à un orifice muni d'une vanne d'isolation 4₄, situé dans la partie haute du compartiment 4, ayant pris soin d'ouvrir préalablement une vanne 4₅ située dans la partie basse du même
20 compartiment 4 et laissant pénétrer l'eau de mer, au fur et à mesure de la remontée du fluide de flottabilité vers la surface.

Après vidange des compartiments de flottabilité 4, les vannes supérieures 4₄, au moins, sont refermées et le sarcophage présente alors son poids maximal qui lui assure une grande stabilité, même en cas de fuites importantes au niveau
25 de l'épave. Les effluents, s'échappant de l'épave au niveau desdites fuites, viennent se rassembler dans la partie haute du volume interne du sarcophage, créant ainsi une flottabilité significative, mais grandement inférieure à celle du fluide des compartiments 4. En effet, dans le cas de pétroles bruts très visqueux, la densité est en général supérieure à 0.95 et se rapproche souvent de 1,02, ce
30 qui crée une flottabilité faible et ne risque pas de déstabiliser le sarcophage.

Après vidange des compartiments de flottabilité 4, on peut récupérer les chaînes, mais si l'on souhaite améliorer la stabilité du sarcophage, on relève avantageusement les chaînes 13 que l'on suspend par leur deuxième extrémité à la potence supportant déjà la première extrémité, ou encore on les relève et on les 5 dépose simplement sur le toit du sarcophage, de manière à ce que l'intégralité de leur poids participe à la stabilisation dudit sarcophage.

Pour diminuer la distance entre les doubles parois délimitant les compartiments 4 et en utilisant des métaux légers, par exemple de l'aluminium pour la structure, on remplacera avantageusement l'eau douce par un fluide de 10 flottabilité selon l'invention, notamment de préférence de l'ammoniac, du butane ou du propane comme explicité ci-après.

En effet, l'eau de mer ayant une densité d'environ 1,026 en surface et de 1,045 vers 4000 m de fond et à 3°C, l'eau douce ayant, quant à elle, une densité de 1 en surface et de 1,016 vers 4000 m de fond et à 3°C, la flottabilité apportée 15 par l'eau douce par m³, varie ainsi de 26kg en surface à 29 kg à 4000 m de profondeur. Le volume global des compartiments 4 de l'exemple suivant permet d'équilibrer le poids propre déjaugé de la structure du sarcophage décrit ci-après. Un sarcophage à parois en aluminium de 180 m de longueur, de 40 m de largeur et de 35 m de hauteur, avec une distance de 3 m entre parois interne et 20 externe des doubles parois, représente une masse d'aluminium de 3000 tonnes, c'est à dire un poids déjaugé dans l'eau de mer de 1850 tonnes. Le volume global des compartiments est de 73125 m³, ce qui donne une flottabilité de 1480 tonnes lorsqu'ils sont remplis à 75% d'eau douce. On installe une flottabilité complémentaire de 470 tonnes sous la forme de flotteurs répartis le long de la 25 structure et les chaînes stabilisatrices pour la descente sont constituées de quatre longueurs identiques de chaîne de pesant chacune 50 tonnes, chacune d'elles étant installée à un angle du sarcophage.

Dans le cas d'un sarcophage de mêmes dimensions réalisé en acier, on utilise avantageusement un fluide de flottabilité présentant une plus faible densité 30 que l'eau douce, par exemple du gazole, mais de préférence un gaz liquide comprimé selon l'invention, tel que décrit ci-après et le volume global des

compartiments de flottabilité nécessite une distance entre parois interne et externe de 2m . Le sarcophage représente alors une masse de 7500 tonnes, c'est à dire un poids déjaugé dans l'eau de mer de 6500 tonnes. Le volume global des compartiments est de 47550 m³, ce qui donne une flottabilité de 6280 tonnes
5 lorsqu'ils sont remplis à 22% de butane de masse volumique 601 kg/m³. Les flotteurs complémentaires représentent 320 tonnes, et les chaînes stabilisatrices (50T x4) restant les mêmes que dans le cas du sarcophage aluminium.

En fin d'installation, un orifice supérieur d'évacuation 9 au plafond du sarcophage est avantageusement ouvert de manière à ce que le fluide de
10 flottabilité selon l'invention puisse s'échapper et que la stabilité du sarcophage soit optimale. Après évacuation de l'eau douce, ledit orifice supérieur 9 est fermé de manière à recueillir les éventuelles fuites en provenance de l'épave.

Ce même orifice supérieur 9 est avantageusement utilisé pour récupérer les effluents 8 qui s'échappent de l'épave 6 dans le temps, et viennent se rassembler
15 en partie haute du volume intérieur du sarcophage sous son plafond 3, 3a, 3b. En venant se connecter sur cet orifice supérieur 9 et après avoir ouvert la vanne d'isolation, on transfère avantageusement le pétrole 8 accumulé depuis la précédente campagne d'intervention, soit au moyen d'une conduite 23 reliant l'orifice supérieur 9 jusqu'à un navire de récupération situé en surface, soit en
20 utilisant un dispositif de récupération entre le sarcophage et le navire en surface, par exemple un dispositif tel que décrit dans la demande de brevet FR 2 804 935 ou encore un dispositif du type navette tel que décrit dans la demande non publiée de brevet européen n° 03 358 003.6.

Dans une version de l'invention illustrée sur la figure 5, on réalise une
25 structure porteuse de type hangar, constituée de poutres métalliques ou en acier 24 assemblées entre elles par soudage ou boulonnage, et l'on y incorpore des compartiments étanches, répartis de manière continue ou non, soit sur les parois latérales 2, 2a, 2b, soit en toiture 3, 3a, 3b ou en combinaison des deux. L'ensemble de la structure est rendu étanche vis à vis d'un fluide tendant à
30 s'échapper naturellement vers le haut, par des toiles ou membranes 25 fixées à l'extérieur de la structure et contre celle-ci de manière étanche, de manière à

recueillir toutes les fuites de l'épave et les diriger vers le point haut où elles seront stockées en attendant d'être récupérées, soit au moyen d'une liaison fond-surface 23, soit au moyen de dispositif de récupération ou la navette comme explicité précédemment.

5 Dans une version de l'invention illustrée sur la figure 6, la structure du sarcophage est réalisée en béton allégé 26, armé et précontraint, et comporte des compartiments 4 que l'on remplit de la même manière que précédemment, d'un fluide de densité inférieur à celui de l'eau de mer selon l'invention. Le béton 26 est
10 avantageusement réalisé à partir de granulats légers, tels, par exemple, des argiles expansées, associées à des mortiers à haute résistance, ce qui leur confère un excellent comportement à grande profondeur, même par des profondeurs de 3000 à 4000 m, voire plus. En effet, les argiles expansées sont sensiblement de forme sphérique et présentent des vides remplis d'air ou de gaz, ce qui leur assure une faible densité ; pris au sein d'une matrice constituée de
15 mortier à haute résistance, c'est la matrice proprement dite qui assure la résistance d'ensemble. Lorsque la structure est soumise à une très forte pression, par exemple la pression de 400 bars régnant à environ 4000 m de profondeur, l'eau migrera dans le temps au sein de la masse de béton puis envahira petit à petit les granulats d'argile expansée, ce qui aura pour effet d'augmenter
20 considérablement le poids apparent du sarcophage. Ce processus de migration étant relativement lent ne présente pas d'inconvénient lors de l'installation, car, après remorquage sur site, l'opération critique de descente dudit sarcophage, depuis la surface, jusqu'à sa position finale reposant sur le fond au-dessus de l'épave, représente une durée maximale de 12 à 24 heures. Une fois en place, le
25 poids propre du sarcophage augmente de jour en jour, ce qui en augmente la stabilité, le phénomène de migration de l'eau se poursuivant sur plusieurs semaines, voire plusieurs mois. Pour retarder les phénomènes de migration d'eau vers les granulats poreux, on recouvre avantageusement l'intégralité des parois de la structure béton en contact avec l'eau, d'une couche de peinture de type
30 élastomère, créant ainsi une barrière d'étanchéité efficace. Cette couche est avantageusement appliquée aussi à l'intérieur des compartiments de flottabilité intégrés à la structure béton, pour minimiser la migration du fluide de flottabilité vers lesdits granulats.

Dans une version préférée de l'invention, on utilise avantageusement un fluide de flottabilité selon l'invention, de densité très faible, ce qui diminue d'autant le volume global des compartiments de flottabilité à prévoir. A cet effet on utilise avantageusement un gaz dont le point critique se trouve au dessus de la
5 température ambiante, par exemple du butane, du propane, de l'ammoniac, ou tout autre composé similaire gazeux à température et pression atmosphérique ambiante. En effet, ces gaz ont une densité à l'état liquide qui est comprise entre 0.50 et 0.70. Ils sont gazeux à la pression atmosphérique et à la température de 20°C, mais se liquéfient dès lors qu'on les comprime à quelques bars. Il est ainsi
10 très avantageux de les utiliser comme fluide de flottabilité car leur rendement ω (poussée d'Archimède / poids propre) est beaucoup plus élevé que les fluides couramment utilisés, tel le gazole, le méthanol ou encore l'eau douce.

En effet, pour un gazole de densité 0.85 : $\omega=1.21$, pour le méthanol : $\omega=1.30$, alors que pour le butane, le propane et l'ammoniac, les valeurs de ω sont
15 respectivement $\omega=1,71$, $\omega=1,97$ et $\omega=1,63$.

Toutefois, le remplissage des compartiments doit être effectué de manière particulière pour éviter tout risque d'incident et d'accident. En effet, étant gazeux à température ambiante et à la pression atmosphérique, ils peuvent être stockés soit, à la pression atmosphérique à température cryogénique, soit sous pression à
20 température ambiante.

Quand ils sont stockés à la pression atmosphérique, pour que le fluide reste sous la forme liquide, la température dudit fluide doit être maintenue largement inférieure à la température ambiante, par exemple -0°C à -50°C selon les gaz.

Quand ils sont stockés à température ambiante, en général aux environs de
25 20 à 30°C, voire plus, pour rester à l'état liquide, ils doivent être confinés dans des réservoirs capable de résister à de fortes pressions, de quelques bars à quelques dizaines de bars selon les gaz.

Le stockage à basse température est très délicat à réaliser, voire quasiment impossible, dans le cas d'un volume de flottabilité important, car il faut
30 impérativement éviter que le gaz ne se réchauffe. En effet, le fluide se réchauffant

se met à bouillir et la pression à l'intérieur du réservoir augmente. Si le réservoir est étanche, il doit alors être capable de résister à la pression maximale du gaz ; si le réservoir n'est pas étanche et communique avec l'extérieur, le gaz bouillonnant s'échappe alors, réduisant de ce fait la quantité de gaz liquide en présence, donc la flottabilité.

Le stockage à température ambiante nécessite un moyen de confinement dudit gaz sous pression de manière à ce qu'il reste à l'état liquide. Les bouteilles et réservoirs de gaz butane ou propane du commerce sont capables de résister à des pressions très importantes, mais leur poids reste élevé et il ne serait pas intéressant de les utiliser telles quelles, car le rendement de flottabilité ω serait fortement dégradé par le poids dudit moyen de confinement constitué par le poids propre dudit réservoir apte à résister à la pression. On pourrait envisager l'utilisation de réservoirs en matériaux composites, dont la densité de la matière est proche de celle de l'eau, mais ils sont onéreux et complexes à fabriquer dès lors que leur volume unitaire devient important.

Ainsi, pour contenir le fluide de flottabilité à l'état liquide, on utilise avantageusement une enveloppe, rigide ou souple, capable de confiner ledit gaz, le remplissage de ladite enveloppe étant réalisé en sous-marin à une profondeur d'eau telle que la pression hydrostatique à ladite profondeur d'eau correspond à un état liquide stable du matériau de flottabilité dont la température est inférieure ou égale à la température ambiante. En général la température de l'eau de mer varie de 3°C à 25°C, voire plus, selon la zone géographique, la période de l'année et la profondeur considérée, et peut descendre à -5 voire -7°C dans des zones arctiques particulières.

A cet effet, pour une structure lourde tel qu'un sarcophage ou autre, on procède comme suit :

- après construction à terre ou dans une darse, on met à l'eau, la structure lourde ou le sarcophage 1, puis,

- on supporte ladite structure lourde ou ledit sarcophage 1 proche de la surface au moyen de câbles reliés à des treuils installés sur des barges 27, de préférence deux ou quatre barges, flottant en surface, comme illustré sur la figure

7a, 10a et 10b, le sarcophage étant relié à chacune desdites barges 27 par un câble 28 relié à un treuil 28₁, en association avec un compensateur de pilonnement 29 visant à éviter les ruptures de câble 28. Les compartiments 4 ou enveloppes rigides 19₁ (à gauche figures 10a-10b) sont remplis d'eau et
5 l'enveloppe souple 19₁, du type baudruche étant vide d'air et d'eau est ramassée sur elle-même comme illustré sur la figure 10a (à droite), et

- on transporte en pleine mer sur le site d'installation, puis, comme explicité sur les figures 7b et 11b, on descend la structure ou le sarcophage 1 jusqu'à une profondeur de 20m à 60 m, correspondant sensiblement à une pression de 2 à 6
10 bars, pression à laquelle le gaz butane, que l'on va injecter dans les compartiments 4, et réservoirs 19₁ est liquide. On descend alors, puis l'on connecte, une conduite 23 au point haut 4₄ des compartiments de flottabilité et vannes 19₂, 19₄ des éléments de flottabilité 19, et l'on injecte sous pression le gaz liquide stocké à bord d'un navire gazier spécialisé 61, connus de l'homme de
15 l'art. L'orifice inférieur 4₅ du compartiment 4 étant ouvert, le gaz liquéfié chasse l'eau de mer qui s'y trouve, et remplit peu à peu l'intégralité du compartiment 4. En fin de remplissage, la vanne supérieure 4₄ est fermée de manière étanche. On remplit la baudruche souple 19₁ par l'orifice unique 19₄, en contrôlant son remplissage de manière à éviter qu'elle n'éclate. Une fois remplie, on ferme la
20 vanne 19₄ et l'on déconnecte la conduite de remplissage 23. Lorsque tous les compartiments et enveloppes sont pleins, les barges 27 utilisées lors du remorquage peuvent être libérées après déconnexion des câbles de retenue 28, et

- ladite structure lourde ou ledit sarcophage est alors prêt à être descendu
25 comme explicité précédemment, après avoir connecté les chaînes lourdes 12, 13 qui jouent alors le rôle de stabilisateur pendant toute la descente jusqu'au fond de la mer.

Sur la figure 7b, le compartiment 4 de droite est plein de fluide de flottabilité à l'état liquide, alors que le compartiment de gauche est en cours de remplissage,
30 l'eau de mer s'échappant par la vanne inférieure 4₅, laquelle est en position ouverte. Sur la figure 10b, les compartiments 4 constitués par les profilés tubulaires de la structure porteuse, ainsi que l'élément de flottabilité rigide 4-19, 19₁ de gauche, sont remplis de fluide de flottabilité à l'état liquide, l'élément de

flottabilité de droite à enveloppe souple du type baudruche étant en cours de remplissage dudit fluide.

En fin d'installation, on peut se contenter d'ouvrir légèrement l'orifice supérieur 4₄ situé au sommet de chacun des compartiments 4 de flottabilité, ce qui
5 laisse s'échapper le gaz sous forme liquide. Il remonte alors naturellement vers la surface, d'abord sous forme liquide, pour finalement se gazéifier en surface et se diluer dans l'atmosphère. Ces gaz sont sans danger pour l'environnement et les personnels, dans la mesure où les quantités instantanées sont raisonnables, c'est à dire représentent quelques dizaines, voire quelques centaines de kilogrammes
10 par heure, mais on préfère pour des raisons écologiques récupérer la cargaison de gaz liquéfié. A cet effet, on installe une liaison fond-surface 23, comme déjà explicité sur la figure 2, liaison qui relie l'orifice supérieur 4₄, 19₂ des compartiments et éléments de flottabilité au navire gazier 61 situé en surface. Cette liaison permet de récupérer la quasi intégralité de la cargaison de gaz dans
15 un temps très réduit, car le gaz sous forme liquide présente une viscosité extrêmement faible. Et, du fait de la très grande profondeur d'eau, la pression différentielle entre l'intérieur de ladite conduite et l'extérieur est considérable, car le différentiel de pression augmente d'environ 4MPa par tranche de 1000m de profondeur supplémentaire pour un fluide de flottabilité de type butane, dont la
20 densité est d'environ 0.6 par rapport à l'eau de mer.

Dans le cas d'une structure lourde, par exemple des éléments de tête de puits, ou des unités de traitement ou de pompage de pétrole que l'on doit descendre sur le fond de la mer, on réalise avantageusement la structure porteuse des équipements à l'aide de profilés tubulaires, plutôt qu'avec des profilés en I, en
25 U ou en H, comme il est couramment pratiqué. Lesdits profilés tubulaires sont rendus étanches, puis sont remplis de gaz liquéfié de la même manière qu'explicité précédemment en regard de la figure 7b, à travers des orifices munis de vannes prévus à cet effet.

On utilise aussi avantageusement les réservoirs ou ballons 19₆ de l'unité de
30 traitement de pétrole comme enveloppe rigide pouvant recevoir du gaz liquéfié et

que l'on purge après installation et avant la mise en route de l'unité de traitement de pétrole installée sur le fond de la mer.

5 Les éléments de flottabilité additionnels 19 sont avantageusement réalisés à partir d'une enveloppe souple constituant une baudruche fonctionnant comme un ballon dirigeable, comme représenté sur la figure 10b. L'enveloppe est souple et étanche, de préférence en forme de goutte d'eau inversée, ou encore de forme sphérique lorsqu'elle est pleine. Elle est reliée à ladite structure lourde par un faisceau de câbles 59, entourant de préférence ladite enveloppe souple et étanche, ledit faisceau de câbles 59 étant solidaire de la structure lourde et étant capable de transférer la poussée d'Archimède qui s'exerce sur ladite enveloppe remplie dudit gaz liquéfié, à ladite structure lourde 1. Le remplissage de ladite 10 baudruche s'effectue de la même manière qu'explicité sur la figure 7b et la vidange en fin d'installation et réalisée par simple ouverture de la vanne 19.4 reliée à une conduite 23.

15 L'enveloppe souple de la baudruche est avantageusement réalisée à l'aide de tissus résistants enduits de caoutchouc de type néoprène, ou de composés de type polyuréthane, tels ceux qui sont utilisés pour les bateaux pneumatique de la marque ZODIAC®, ou encore pour la fabrication des réservoirs souples vendus par la Société PRONAL® France.

20 Les gaz préférés pouvant être utilisés comme fluide de flottabilité sont classés dans le tableau 1 ci-après par ordre de densité croissante, à l'état liquide, à la température de 15°C.

Les pressions de vapeur indiquées dans les Tableaux 1 et 2, sont des pressions absolues, donc par rapport au vide.

25 La profondeur correspondante est indicative et correspond sensiblement à une pression atmosphérique de 0.1 MPa et à une eau de mer de densité 1.026 par rapport à l'eau douce.

TABLEAU 1

	masse volumique à l'état liquide	pression de vapeur à 15°C	profondeur d'eau (en mer)
fluide	kg/m ³ à 15°C	Pression absolue MPa ($\times 10^6$ Pa)	m
éthylène	322	4.9	468
éthane	401	3.38	320
acétylène	465	4.09	389
propane	519	0.77	65
propène	547	0.9	78
butane	601	0.176	7.5
propadiène	609	0.62	51
butène	619	0.22	11.7
trans-butène	627	0.46	35
ammoniac	629	0.77	65
méthyl acétylène	644	0.44	33
butadiène	645	0.203	10
cis-butène	645	0.132	3.1

Les gaz sont classés dans le tableau 2 ci-après par ordre de pression de vapeur à la température de 15°C.

TABLEAU 2

	masse volumique à l'état liquide	pression de vapeur à 15°C	profondeur d'eau (en mer)
fluide	kg/m ³ à 15°C	Pression absolue MPa ($\times 10^6$ Pa)	m
cis-butène	645	0.132	3.1
butane	601	0.176	7.5
butadiène	645	0.203	10
butène	619	0.22	11.7
méthyl acétylène	644	0.44	33
trans-butène	627	0.46	35
propadiène	609	0.62	51
propane	519	0.77	65
ammoniac	629	0.77	65
propène	547	0.9	78
éthane	401	3.38	320
acétylène	465	4.09	389
éthylène	322	4.9	468

5 Dans le cas où le navire 61 de stockage du fluide est du type cryogénique, c'est-à-dire que le fluide est stocké sensiblement à la pression atmosphérique, à une température largement inférieure à 0°C, par exemple -42°C dans le cas du propane, pour effectuer le transfert dudit fluide vers la boudruche ou le réservoir, on procède de manière légèrement différente à ce qui a été explicité précédemment. Le fluide est extrait des réservoirs cryogéniques
10 par une pompe, puis passant dans un échangeur de chaleur à eau de mer, va se

réchauffer à une température proche de ladite eau de mer, par exemple 15°C en sortie de réchauffeur. Il va alors descendre vers la boudruche ou vers le réservoir à travers la conduite 23 et, du fait que depuis la pompe jusqu'à la boudruche, la pression dans la conduite est supérieure à pression de vapeur à 15°C (0,77MPa dans le cas du propane), le fluide reste à l'état liquide.

La récupération du gaz en fin d'installation de la structure lourde nécessite alors la mise en œuvre d'une unité de liquéfaction, car le fluide en provenance des ultra grands fonds est à une température d'environ 4°C et doit être refroidi, dans le cas du propane, à une température inférieure à -42°C pour rester à l'état liquide dans les réservoirs dudit navire cryogénique, ces derniers étant sensiblement à la pression atmosphérique.

A basse température, le butane et le propane ont tendance à se combiner à l'eau pour former des hydrates qui risquent de bloquer les canalisations ou d'empêcher la récupération des gaz liquéfiés en fin de phase d'installation. Lorsque l'enveloppe est préalablement remplie d'eau, pour éviter la formation de ces hydrates, en début de remplissage d'une dite enveloppe rigide ou souple, on injecte un volume de méthanol, par exemple 100 ou 200 litres, de manière à ce que le méthanol, de densité intermédiaire entre l'eau de mer et le gaz liquéfié, crée un écran évitant le contact direct entre le butane-propane et l'eau. De plus, le méthanol, mélangé en faible proportion avec l'eau empêche les réactions chimiques conduisant à la formation d'hydrates.

Dans chacune des variantes de l'invention décrites précédemment, on positionne et on dimensionne les compartiments étanches de manière à respecter les règles de l'art de la construction navale, et en particulier la règle dite du p-a et qui consiste à maintenir le centre de poussée verticale dû à la flottabilité, au-dessus du centre de gravité de la structure. Il est d'usage de considérer que pour une valeur p-a > 1 m, la structure est considérée comme stable et donc ne risque de se renverser en pivotant autour de son axe XX'. A cet effet, on ajoutera avantageusement des flotteurs externes 19 situés de préférence au-dessus de la structure du sarcophage et, éventuellement, des lestés en partie basse.

Sur les figures 8a à 8d et 9 est représenté un réservoir navette 32 du type servant à récupérer des effluents depuis une épave au fond de la mer par descente et remontée dudit réservoir-navette respectivement vide et plein entre la surface et le fond de la mer. Le réservoir-navette 32 est constitué d'une paroi latérale 34 souple et étanche, par exemple en tissus plastifié armé à forte résistance, solidaire dans la partie haute d'un dôme 3 à section horizontale circulaire et à profil en section vertical en forme d'obus réalisé dans un matériau résistant et rigide, de préférence en matériau composite, et solidaire dans la partie basse d'un fond 35, plan, plein, résistant et rigide, de préférence circulaire, lui aussi de préférence en matériau composite, de manière à représenter un poids apparent dans l'eau minimal, tout en garantissant une rigidité et une résistance extrême. Ledit fond 5 est percé en son centre d'un orifice principal 35₁ et est équipé d'une vanne, de préférence à passage intégral, par exemple de type à guillotine, cette dernière étant équipée d'une bride. Un orifice complémentaire latéral de diamètre plus faible est muni d'une vanne 35₂, permettant ainsi les échanges d'eau de mer entre l'intérieur du réservoir navette et le milieu marin, et en particulier lors du remplissage du réservoir par le pétrole, à l'eau de mer de s'échapper.

Le dôme 33 et le fond 35 peuvent présenter un diamètre de 5 à 10 m, le dôme 3 une hauteur de 2 à 5 m et la paroi latérale 4, une fois dépliée, une hauteur de 10 à 50 m.

On ajuste avantageusement le poids apparent dans l'eau du réservoir navette 32 en intégrant dans la partie la plus haute du dôme 3, de la flottabilité, par exemple de la mousse syntactique 3₁, constituée de microsphères de verre enrobées dans des résines époxy, polyuréthane ou autres.

Ainsi, le réservoir navette 32 est descendu vers l'épave ou cuve 6, ou encore vers un sarcophage 1 posé au-dessus d'une dite épave ou cuve, en position ramassée, et présente un poids apparent dans l'eau très faible et qui peut être ajusté en positif comme en négatif, ce qui facilite son installation directement par un ROV (sous-marin automatique piloté depuis la surface et muni de bras manipulateurs).

La figure 8 illustre la remontée du réservoir navette 32 est contrôlée par un câble de liaison 12 dont une partie de sa portion inférieure 13 est alourdie, par exemple, par des blocs métalliques 31 solidarisés audit câble 30 par un sertissage en 31₁ en chapelet comme des perles sur un câble.

5 Telles que représentées figure 8d, ces perles 31 ont un corps central cylindrique prismatique ou de révolution et, des extrémités tronconiques telles que lorsque l'on courbe le câble, lesdites extrémités tronconiques des deux perles adjacentes viennent alors en butée l'une contre l'autre en 31₂, limitant ainsi le rayon de courbure local à une valeur supérieure à R_0 . Ainsi, le câble de liaison 12
10 étant accroché au réservoir navette 2 sur le dit premier point d'attache 36 en partie basse du réservoir, descend vers le bas puis s'écarte en arc de cercle de rayon R_0 , pour remonter enfin verticalement ou en configuration de chaînette à une distance d'environ au moins $2R_0$ de la paroi latérale 4 dudit réservoir navette, évitant ainsi tout contact mécanique lors de la remontée, ce qui permet d'éviter de
15 l'endommager par frottement.

Sur la figure 8a, la flottabilité du réservoir navette rempli d'hydrocarbures F_v , qui correspond à la poussée d'Archimède s'exerçant sur le réservoir et sa cargaison, est compensée par le poids du câble jusqu'au point de tangence horizontale correspondant à la perle 31₁, additionné du poids des perles 31_g entre
20 le réservoir et la perle 31_i la plus basse, c'est à dire 8.5 perles sur la figure 11a, le poids de l'ensemble P_e correspondant alors à un équilibre du système.

A titre d'exemple pour illustrer la figure 8a, le réservoir navette d'un volume de 250 m³ d'un pétrole de masse volumique 1011 kg/m³, dans une eau de mer à 3°C de masse volumique 1045 kg/m³, possède une flottabilité d'environ 8.5
25 tonnes.

Chacune des perles du dispositif d'équilibrage 30-31 a alors un poids dans l'eau d'environ 1 tonne.

Sur la figure 8b, l'extrémité supérieure du câble de liaison 12, reliée à un treuil installé à bord d'un navire de surface (non représenté) est relevée, ce qui a
30 pour effet d'amener la perle 31_g en position horizontale basse, réduisant de ce fait

le nombre de perles pesant sous le réservoir à 6.5 perles, le poids d'ensemble s'opposant à la poussée F_v étant alors réduit à P_- . La résultante $F_v + P_-$ est alors positive vers le haut et le réservoir navette peut remonter jusqu'à ce que l'équilibre des forces de la figure 8a soit atteint.

- 5 De même, dans la figure 8c, l'extrémité supérieure du câble de liaison 12 est dévirée, ce qui a pour effet d'amener la perle 31_k en position horizontale basse, augmentant de ce fait le nombre de perles pesant sous le réservoir à 10.5 perles, le poids d'ensemble étant alors égal à P_+ . La résultante $F_v + P_+$ est alors positive vers le bas et le réservoir navette peut redescendre jusqu'à ce que
10 l'équilibre des forces de la figure 8a soit atteint.

Ainsi, le dispositif de stabilisation selon l'invention présente un effet stabilisateur pour la remontée du réservoir navette. Lorsque le navire de surface bouge de manière excessive sous l'effet de la houle ou s'écarte de la verticale de la position du réservoir navette, les mouvements n'ont d'effet instantané que sur la
15 zone des perles entourant les perles 31_g à 31_k , la perle 31_l correspondant à la valeur moyenne des oscillations.

Ainsi, pour contrôler la remontée du réservoir navette 32, il suffit d'enrouler le câble de liaison sur le treuil situé à bord du navire de surface 20 à une vitesse compatible avec la remontée naturelle de ladite navette, ladite navette cherchant
20 toujours naturellement à reprendre sa position d'équilibre illustrée sur la figure 8a. En cas de difficultés, il suffit de ralentir ou de stopper l'enroulement sur le treuil, le réservoir navette retrouvant alors de manière quasi immédiate sa position d'équilibre, en attendant un nouveau mouvement du treuil.

La figure 9 représente un réservoir navette 32° installé à la verticale d'un
25 dispositif d'évacuation 9 équipé d'une vanne prévue sur la paroi supérieure d'un sarcophage 1 auquel il est relié par une liaison 50. Lorsque la vanne est en position ouverte, elle laisse passer du pétrole brut accumulé dans ledit sarcophage après s'être écoulé des cuves du navire 6. Ainsi, il peut être recueilli dans le réservoir navette, lequel peut remonter en surface une fois rempli et
30 rupture du lien 50, la remontée en surface se faisant sous le contrôle d'un dispositif de stabilisation et de contrôle des remontée et de descente selon

l'invention. Le sarcophage 1 est équipé d'un dispositif de stabilisation et de contrôle avec des éléments de liaison 12 constitués de câbles dont la portion inférieure comprend des blocs métalliques 31 en chapelet.

5 On a décrit le dispositif de contrôle de la descente ou de la remontée d'une structure lourde ou massive comme étant constitué soit d'un câble muni de blocs ou perles serties sur ledit câble, soit de chaîne à maillons modifiés de manière à créer par simple butée entre maillons, le rayon de courbure minimum R_0 . Mais, on reste dans l'esprit de l'invention si ladite portion alourdie desdits éléments de liaison est constituée d'un chapelet de barres alourdies articulées entre elles, de
10 telle manière que la déformation du chapelet de barres articulées crée le déséquilibre de charge, P_+ ou P_- par rapport à la charge d'équilibre P_e , tel que décrit précédemment en regard des figures 8a, 8b et 8c, lesdites barres présentant avantageusement, au niveau des articulations, des butées mécaniques qui permettent de limiter la courbure à une valeur minimale R_0 .

15 Sur la figure 11, on a représenté une structure lourde consistant dans un dispositif 1 de pose et d'ancrage d'une embase 52 sur la paroi 54 d'une cuve et/ou d'une épave au fond de la mer. Ce dispositif 1 comprend une structure support 54 constituée d'un bâti mécano soudé parallélépipédique supportant lui-même :

- un corps de forage 54₁ comprenant des moyens permettant d'actionner en
20 translation et en rotation une scie cloche 55 qui, à travers une ouverture correspondante prévue dans ladite embase, permet de percer un grand orifice dans ladite paroi 6 de manière à permettre l'évacuation d'un fluide contenu dans ladite cuve, et

- des chariots latéraux 56 comprenant des moyens permettant d'actionner
25 en translation et en rotation des scies cloches 57 aptes à percer des trous dans ladite paroi 6 pour ancrer l'embase 52 sur ladite paroi, les scies cloches 57 se déplaçant à travers des orifices 58 de ladite embase.

La figure 11 représente la descente d'une structure 1 consistant dans un dispositif d'ancrage et perçage contrôlé par une chaîne de stabilisation 12,13
30 selon l'invention et un élément de flottabilité 19 selon l'invention. La partie

inférieure gauche de l'embase 52 est représentée en coupe pour visualiser les moyens de coupe 57 à l'intérieur d'un orifice 58 prévu dans ladite embase. .

- Le dispositif 1 est suspendu par un lien 59 à un élément de flottabilité 19. Un élément de liaison 12 du type câble avec une portion inférieure 13 comportant
- 5 des blocs alourdissants 31 disposés en chapelet comme mentionné ci-dessus, qui s'étend depuis un support flottant en surface jusqu'au niveau d'un élément d'accrochage 36 à la base de l'élément de flottabilité 19, permet de contrôler la vitesse de descente et de remontée du dispositif 1 et de le stabiliser le cas échéant à proximité de la paroi 6, conformément à la présente invention.
- 10 Le fluide de flottabilité selon l'invention a été décrit dans le but de faciliter l'installation de colis ou de structures lourdes dans des profondeurs extrêmes, mais il est aussi avantageusement utilisé pour jouer le rôle de flotteur permanent sur des structures sous-marines, telles des tour de production de pétrole ou de gaz, ou d'injection d'eau installées sur des champs pétroliers dans des
- 15 profondeurs d'eau importantes, de 1000 à 3000m voire plus, tel que décrit notamment dans WO 00/49267 et WO 03/65788 au nom de la demanderesse.

Le fluide de flottabilité selon l'invention peut être utilisé à toute profondeur mais, en raison de sa mise en œuvre particulière, présente le plus d'intérêt à des profondeurs importantes. Il est particulièrement avantageux pour les profondeurs

20 abyssales, par exemple 10 000 ou 11 000m, ou au-delà, car il est quasi-incompressible, c'est-à-dire que son volume ne varie sensiblement pas lorsque la profondeur d'eau, donc la pression, augmente. En fait, pour les très grandes profondeurs (4000-5000m et plus), son volume se réduit de quelques % , mais l'eau de mer, elle aussi quasi-incompressible, voit aussi sa densité augmenter

25 sensiblement. Le volume du fluide de flottabilité diminuant et la densité de l'eau de mer augmentant, il en résulte alors une légère variation de la poussée d'Archimède, et donc de la flottabilité, laquelle est automatiquement compensée par la ou les liaison(s) 12, 13 telle(s) que décrite(s) précédemment, et dont le point à l'équilibre variera légèrement en fonction de ladite variation de flottabilité.

REVENDICATIONS

1. Utilisation d'un fluide de flottabilité de densité inférieure à celle de l'eau de mer confiné dans une enveloppe (4₁, 19₁) rigide ou souple étanche, pour constituer un élément de flottabilité immergé (4, 19), caractérisé en ce que
5 le dit fluide de flottabilité est un composé se trouvant naturellement à l'état gazeux à température et pression atmosphériques ambiantes, et à l'état liquide à la profondeur sous-marine à laquelle ledit élément de flottabilité est immergé.
2. Utilisation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le dit fluide de flottabilité se trouve naturellement à l'état liquide stable lorsqu'il est
10 placé à la profondeur sous-marine de 10 à 500 m, de préférence de 20 à 100 m
3. Utilisation selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le dit fluide de flottabilité est un fluide quasi incompressible et présente une densité à l'état liquide, de 0,3 à 0,8, de préférence de 0,5 à 0,7.
4. Utilisation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce
15 que le dit gaz est choisi parmi l'ammoniac, un alcane en C-2 à C-7, un alcène en C-2 à C-7, un alcyne en C-2 à C-7, et un diène en C-4 à C-7.
5. Utilisation selon la revendication 4 caractérisée en ce que ledit composé est choisi parmi la liste : ammoniac, éthane, butane, propane, éthylène, propène, butène, acétylène, méthyle acétylène, propadiène et
20 butadiène.
6. Utilisation selon la revendication 5 caractérisée en ce que ledit composé est choisi parmi l'ammoniac, le propane et le butane.
7. Utilisation selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la dite enveloppe est constituée par, ou placée à l'intérieur des parois (4₁)
25 d'un compartiment (4) d'une structure (1) immergée.

8. Utilisation selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la dite enveloppe (19₁) est placée à l'extérieur d'une structure (1) immergée à laquelle elle est reliée ou fixée.

5 9. Utilisation selon la revendication 8, caractérisée en ce que la dite structure (1) immergée est suspendue au dit élément de flottabilité (19) par au moins un câble (59).

10 10. Élément de flottabilité (4, 19) immergé conférant de la flottabilité à une structure immergée (1) à laquelle il est relié ou fixé ou dans laquelle il est intégré, caractérisé en ce qu'il comprend une dite enveloppe (4₁, 19₁) immergée dans laquelle le dit composé liquéfié est confiné de manière étanche conformément à l'utilisation de l'une des revendications 1 à 9.

15 11. Élément de flottabilité selon la revendication 10 caractérisé en ce qu'il comprend une dite enveloppe souple (19₁), de préférence de forme à profil hydrodynamique minimisant les efforts lors de ses déplacements verticaux lorsqu'elle est remplie du dit fluide de flottabilité tel que défini dans les revendications 1 à 6.

20 12. Procédé de mise en place entre la surface et le fond de la mer d'un élément de flottabilité selon la revendication 10 ou 11 caractérisé en ce que le dit fluide est stocké dans un réservoir sur un navire (61) en surface à l'état liquide comprimé ou refroidi, et il est injecté à l'état liquide dans une conduite (23) depuis la surface ou il est stocké (61) jusque dans une dite enveloppe immergée (4₁, 19₁) à une profondeur sous marine à laquelle la pression sous-marine est supérieure ou égale à la pression de vapeur du gaz correspondant audit composé à la température à la dite profondeur.

25 13. Procédé selon la revendication 12 caractérisé en ce que ladite enveloppe (19₁) est une enveloppe souple que l'on descend à la profondeur voulue à vide repliée sur elle-même.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13 caractérisé en ce que ladite enveloppe (19₁) est préalablement remplie d'eau de mer ou d'un autre

fluide de préférence un composé liquide à pression et température atmosphérique, incompressible tel que du gazole, de l'eau douce ,ou du méthanol, et on évacue l'eau de mer ou ledit autre fluide de l'enveloppe au fur et à mesure du remplissage du dit fluide de flottabilité tel que défini dans les
5 revendications 1 à 6.

15. Procédé selon la revendication 14 caractérisé en ce que ladite enveloppe est préalablement remplie d'eau de mer et avant remplissage avec un dit fluide de flottabilité, on injecte une quantité limitée de méthanol apte à empêcher la formation d'hydrates.

10 16. Procédé selon l'une des revendication 14 ou 15 caractérisé en ce qu'on remplit la dite enveloppe en surface à l'aide d'un dit autre fluide, et on descend la dite enveloppe ainsi remplie à une profondeur où la pression hydrostatique correspond à la pression à laquelle le dit fluide de flottabilité est ensuite injecté dans la dite enveloppe au fur et à mesure que l'on évacue le dit
15 autre fluide .

17. Procédé selon l'une des revendications 12 à 16 caractérisé en ce que le dit fluide de flottabilité est stocké à l'état liquide refroidi dans un réservoir cryogénique et à pression atmosphérique et est injecté à l'état liquide sous pression dans la dite enveloppe immergée à une pression correspondant à la
20 pression hydrostatique à la profondeur de la dite enveloppe , ledit fluide de flottabilité passant dans un échangeur de chaleur de manière à ce que la température du dit fluide soit portée sensiblement à celle de l'eau de mer à la profondeur de la dite enveloppe immergée avant son remplissage.

18. Dispositif de stabilisation ou de contrôle de la descente ou
25 remontée d'une structure (1, 32) entre la surface (15) et le fond (7) de la mer, comprenant ou relié à un élément de flottabilité (4, 19) selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un élément de liaison du type câble ou chaîne (12) dont :

- une première extrémité est reliée à un treuil (12₁) à bord d'un support flottant ou navire (20a, 20b) en surface, sur lequel treuil elle est enroulée, et
- une deuxième extrémité est reliée à un élément d'accrochage (10, 36) sur ladite structure (1, 32), ou sur au moins un premier élément de flottabilité (19) selon l'une des revendications 10 ou 11 relié à ladite structure, et
- la longueur dudit élément de liaison (12) est telle que ledit treuil (12₁) est apte à enrouler ou dérouler ladite première extrémité dudit élément de liaison (12), de sorte qu'une portion inférieure (13) dudit élément de liaison (12) puisse pendre au dessous dudit élément d'accrochage (10, 36).

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux dits éléments de liaison (12), lesdits éléments d'accrochage (10,36) étant de préférence disposés symétriquement respectivement autour et sur la périphérie de ladite structure (1,32).

20. Dispositif selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce que ledit élément de liaison (12) est constitué par un câble dont ladite portion inférieure (13) comprend des blocs alourdissants (31) disposés en chapelet sur un dit câble, de préférence des blocs métalliques solidarisés audit câble par sertissage.

21. Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que lesdits blocs (31) présentent une forme telle que lorsque ladite portion inférieure (13) pendant dessous lesdits éléments d'accrochage adopte une forme courbe, deux dits blocs (30) disposés côte à côte sont aptes à venir en butée l'un contre l'autre limitant ainsi la courbure dudit câble

22. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce que la courbure dudit câble est limitée de manière à ce que le rayon de courbure minimale (R₀) desdits câbles au niveau de ladite portion inférieure (13) permette de maintenir une distance minimale (2xR₀) entre ledit câble (12) et

ladite structure (1, 32) suffisante pour empêcher tout contact mécanique entre eux lors d'une dite descente ou remontée de ladite structure.

23. Dispositif selon l'une des revendications 20 à 22, caractérisé en ce que lesdits blocs (31) présentent une partie centrale cylindrique (31) encadrée
5 par deux extrémités tronconiques (31₂) dont les axes correspondent à la direction dudit câble (12) lorsque celui-ci est disposé linéairement, deux blocs adjacents étant en contact au niveau desdites extrémités tronconiques le long d'une génératrice (31₂) desdites extrémités tronconiques dans les parties courbes de ladite portion inférieure (13).

10 24. Dispositif selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce que ledit élément de liaison comprend une chaîne dont ladite portion inférieure (13) comprend des maillons plus lourds que ceux du reste de la chaîne, et de préférence plus volumineux de manière à limiter la courbure éventuelle de la chaîne.

15 25. Dispositif selon l'une des revendications 18 à 24, caractérisé en ce que lesdits premiers éléments de flottabilité (19) sont disposés au-dessus de ladite structure.

20 26. Dispositif selon l'une des revendications 18 à 25, caractérisé en ce que ladite structure comprend des seconds éléments de flottabilité (4, 33), de préférence selon la revendication 10 ou 11, intégrés dans ladite structure (1, 32), de préférence encore intégrés au-dessus du ou desdits éléments d'accrochage (10, 36) de manière à ce que le centre de gravité de ladite structure et desdits premiers éléments de flottabilité selon la revendication 10 ou 11 soit situé dessous le centre de poussée s'exerçant sur l'ensemble de
25 ladite structure (1) et desdits premiers éléments de flottabilité (19) selon la revendication 10 ou 11.

27. Procédé de descente ou remontée ou stabilisation d'une structure (1,32) entre la surface (15) et le fond de la mer (7) à l'aide d'un dispositif selon l'une des revendications 18 à 26, caractérisé en ce qu'on réalise des étapes

dans lesquelles on déroule ou enroule le(s)dit(s) élément(s) de liaison au niveau de leur(s) dite(s) première(s) extrémité(s) à l'aide de dit(s) treuil(s) (12₁) et on contrôle la vitesse de descente ou respectivement de remontée en régulant la vitesse de déroulement ou respectivement d'enroulement de(s)dit(s) élément(s) de liaison (12) au niveau de(s)dit(s) treuil(s) (12₁), de manière à régler la longueur de ladite portion inférieure (13) de(s)dit(s) élément(s) de liaison (12) pendant dessous le(s)dit(s) éléments d'accrochage (10, 36), la descente, la remontée ou la stabilisation de ladite structure étant obtenue lorsque respectivement, la somme du poids de la partie de la (ou les) dite(s) portion(s) inférieure(s) (13) du ou des élément(s) de liaison (12) entre d'une part, le(s)dit(s) point(s) d'attache au(x)dit(s) élément(s) d'accrochage (10, 36) et, d'autre part, le point le plus bas de la (ou des) dite(s) portion(s) inférieure(s) (13), additionné au poids de l'ensemble de ladite structure (1,32) et de(s)dit(s) premier(s) élément(s) de flottabilité (19), selon la revendication 10 ou 11 est respectivement supérieure, inférieure ou égale à la poussée d'Archimède s'exerçant sur ladite structure (1,32) et de(s)dit(s) premier(s) élément(s) de flottabilité (19) selon la revendication 10 ou 11.

28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que *ladite* structure est une structure rigide en acier, métal ou matériau synthétique composite renfermant au moins un, de préférence une pluralité de compartiments de flottabilité étanches (4) aptes à former un dit élément de flottabilité selon l'une des revendications 10 ou 11, ledit compartiment étant équipé d'au moins un orifice de remplissage (4₁) et de préférence d'au moins un orifice d'évacuation (4₅), lesdits compartiments étanches (4) étant de préférence répartis symétriquement dans ladite structure.

29. Procédé selon l'une des revendications 27 ou 28, caractérisé en ce que ladite structure est une structure massive constituée par un réceptacle (1) à base ouverte, en forme de chapeau, comprenant une paroi latérale périphérique (2, 2a, 2b, 2₁) surmontée d'une paroi de plafond (3, 3a, 3b), apte à venir recouvrir entièrement une épave (6) d'un navire au fond de la mer (7) pour récupérer des effluents polluants (8) s'en échappant, ledit réceptacle

comprenant au moins un orifice d'évacuation (9) desdits effluents contenus dans le volume intérieur dudit réceptacle; ledit orifice d'évacuation (9) étant situé de préférence au niveau du plafond (3, 3a, 3b) du réceptacle.

5 30. Procédé selon l'une des revendications 28 ou 29, caractérisé en ce que ledit réceptacle est constitué comme une coque de navire renversée à doubles parois, lesdits compartiments étanches (4) étant définis par des espaces délimités par lesdites doubles parois et des éléments de structure (4₃, 4₆) réunissant les doubles parois (2, 2a, 2b, 2₁, 3, 3a, 3b).

10 31. Procédé selon l'une des revendications 27 à 30, caractérisé en ce que la structure rigide comprend des profilés tubulaires creux définissant des compartiments étanches (4) et formant desdits éléments de flottabilité selon la revendication 10 ou 11.

32. Procédé selon l'une des revendications 27 à 31, caractérisé en ce que ladite structure est équipée à l'extérieur :

- 15 - des éléments d'accrochage (10, 14₁) permettant d'y accrocher desdits éléments de flottabilité et desdits câbles (12, 14) ou desdites chaînes (13) permettant la descente de ladite structure depuis la surface (15), et sa mise en place et , le cas échéant, son ancrage (15₁, 15₂) au fond de la mer (7), et
- 20 - de préférence des propulseurs (16), de préférence encore des propulseurs orientables, permettant le déplacement de ladite structure dans une direction horizontale pour le positionner.

33. Procédé selon l'une des revendications 27 à 32, caractérisé en ce qu'on réalise les étapes successives dans lesquelles :

- 25 1) on remplit totalement ou partiellement desdits compartiments étanches (4) avec un dit fluide de flottabilité pour constituer un élément de flottabilité selon la revendication 10 ou 11, et on adapte le taux de remplissage desdits compartiments étanches (4) de manière à positionner ladite structure (1) en équilibre en immersion à proximité de la surface, et

- 30 2) on descend ladite structure (1) en position voulue à l'aide d'un dispositif de contrôle de descente selon l'une des revendications 16 à 24, de

manière à réguler la vitesse de descente du réceptacle et assurer l'équilibrage de la base de ladite structure sensiblement horizontal pendant la descente, et

3) lorsque ladite structure (1) est immergée à la profondeur voulue, on vidange lesdits compartiments étanches (4) remplis d'un dit fluide plus léger que l'eau de mer, que l'on récupère en surface, et on remplit simultanément lesdits compartiments étanches avec de l'eau de mer.

34. Procédé selon la revendication 33, caractérisé en ce que

- à l'étape 1), on apporte de la flottabilité supplémentaire à ladite structure à l'aide de dits premiers éléments de flottabilité (19) consistant dans des flotteurs additionnels (19) reliés audit réceptacle, et

- à l'étape 3), lorsque ladite structure est en position sous-marine à la profondeur voulue, on décroche lesdits flotteurs additionnels (19).

35. Procédé selon la revendication 33 ou 34, caractérisé en ce qu'après l'étape 1) et avant l'étape 2), lorsque ladite structure (1) arrive en position voulue, de préférence à proximité du fond de la mer, on réduit les longueurs desdit(e)s câbles (ou chaînes) lourd(e)s (12) de stabilisation pendant(e)s dessous lesdits éléments d'accrochage (10, 10a, 10b) de manière à stabiliser ladite structure (1) en suspension, et

- le cas échéant, on réalise l'ancrage (14, 15₁-15₂) de ladite structure (1) au fond de la mer (7), puis

- on descend complètement le(s)dit(e)s câbles (ou chaînes) lourd(e)s (12) de stabilisation pour que l'intégralité de leur poids participe à la stabilisation de ladite structure.

36. Procédé selon la revendication 35, caractérisé en ce que

- à l'étape 1), on remplit le(s)dit(s) compartiment(s) (4) ou enveloppe(s) (19₁) relié(e)(s) à ladite structure à l'aide d'eau de mer ou d'un premier fluide plus léger que l'eau de mer, et

- à l'étape 2), on descend ladite structure (1) jusqu'à une profondeur de 30 à 60 mètres correspondant à une pression de 3 à 6 bars à laquelle on injecte un fluide de flottabilité consistant dans un gaz liquéfié sous pression plus léger que l'eau de mer, tel que défini dans l'une des revendications 1 à 6, dans

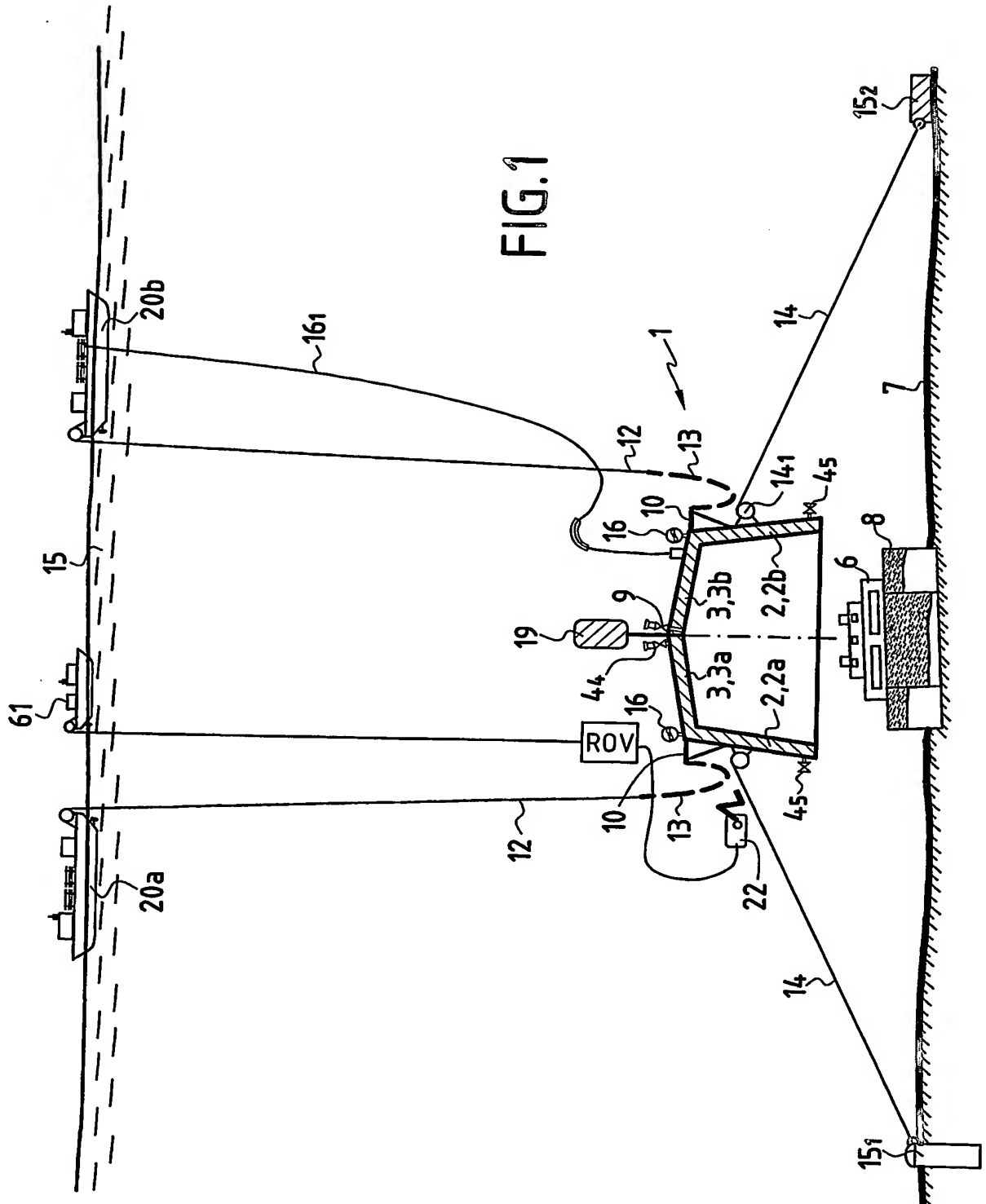
le(s)dit(s) compartiment(s) (4) ou enveloppe(s) (19₁) depuis un navire gazier (61) en surface pour constituer un élément de flottabilité selon la revendication 10 ou 11.

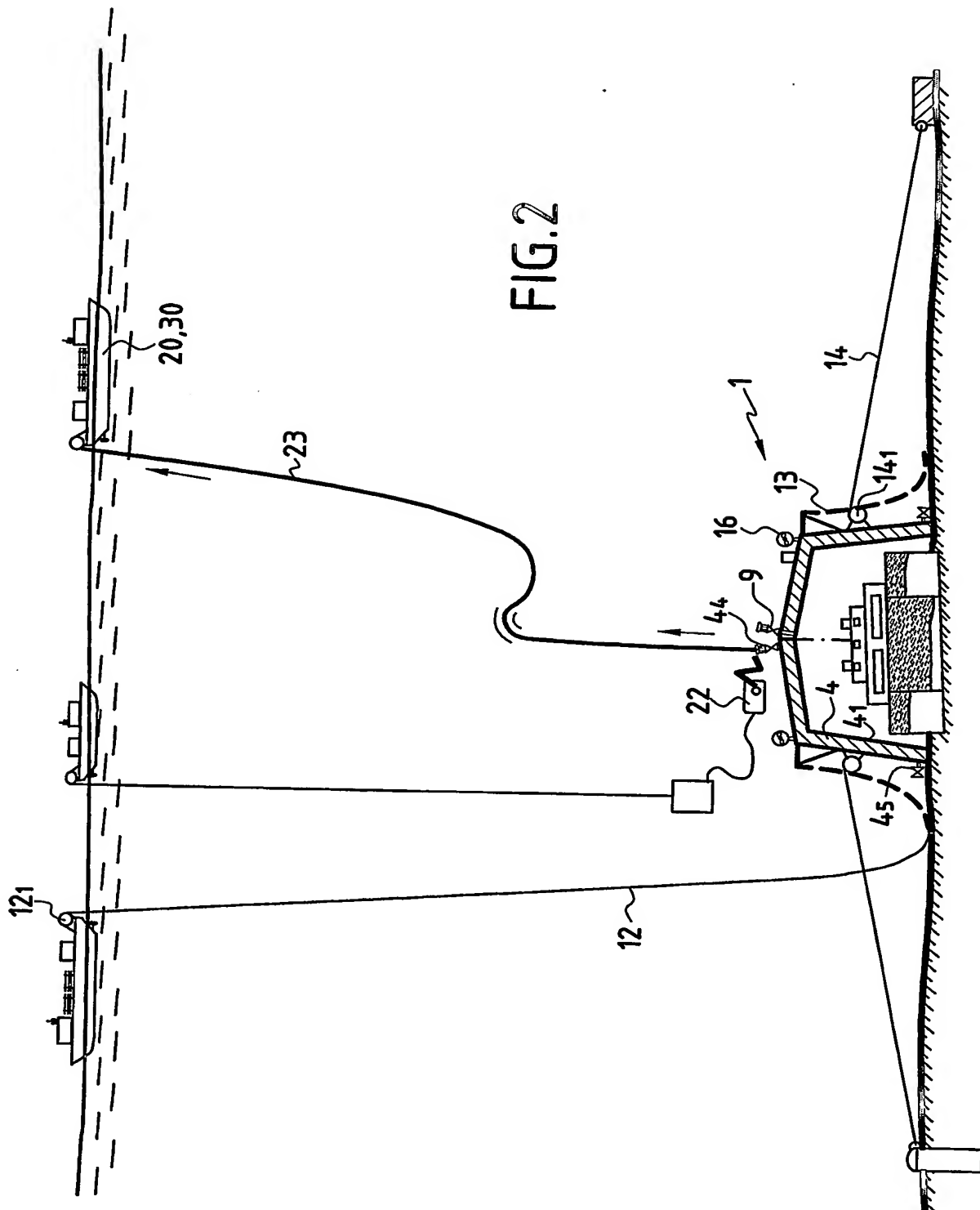
5 37. Procédé de récupération des effluents polluants plus légers que l'eau de mer, contenus dans les cuves d'une épave de navire (6) reposant au fond de la mer (7) dans lequel :

1) on met en place un dit réceptacle selon un procédé de l'une des revendications 29 à 36, et

10 2) on recueille les effluents récupérés à l'intérieur dudit réceptacle (1) en évacuant par ledit orifice supérieur d'évacuation (9).

1/10





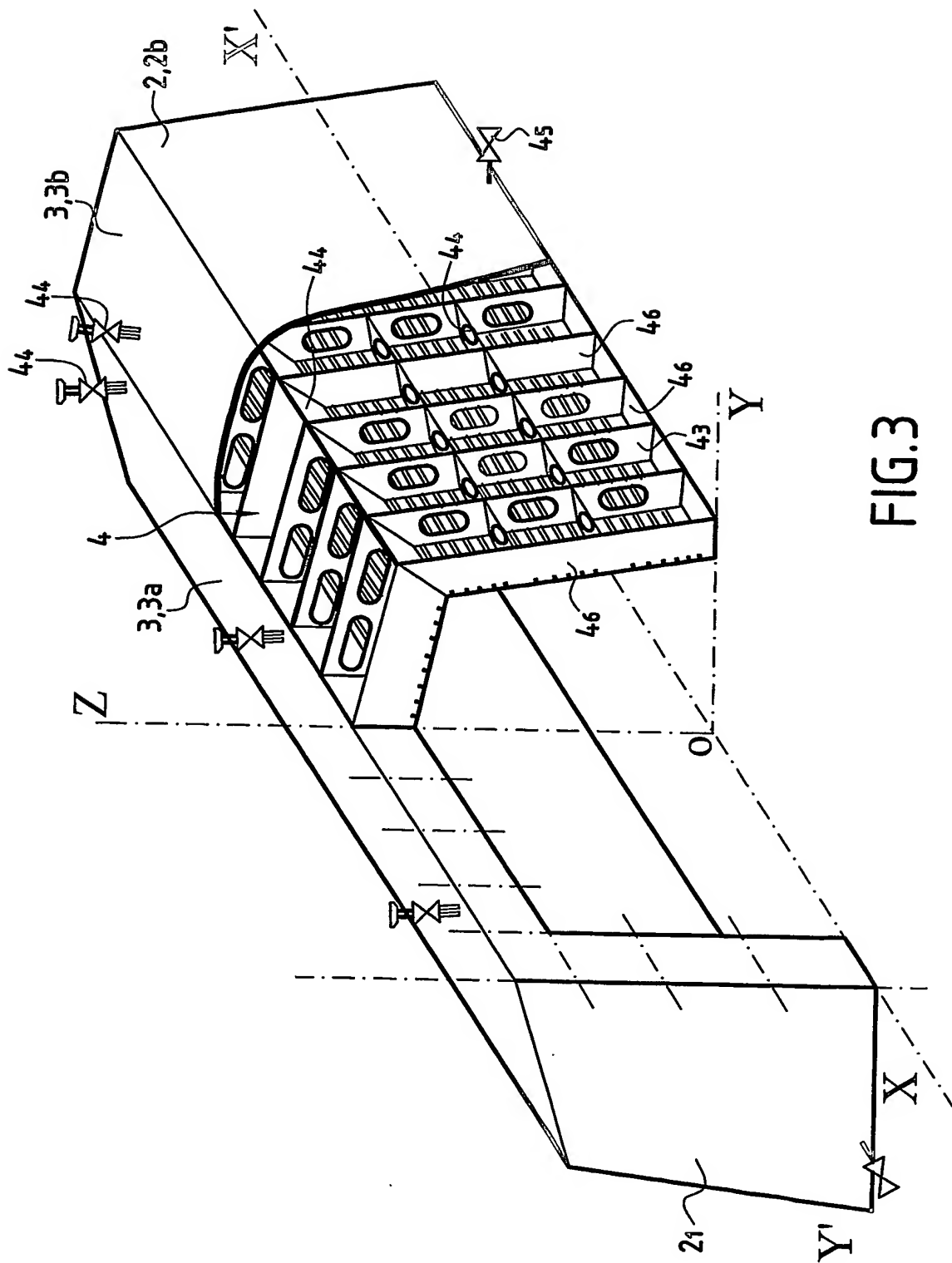
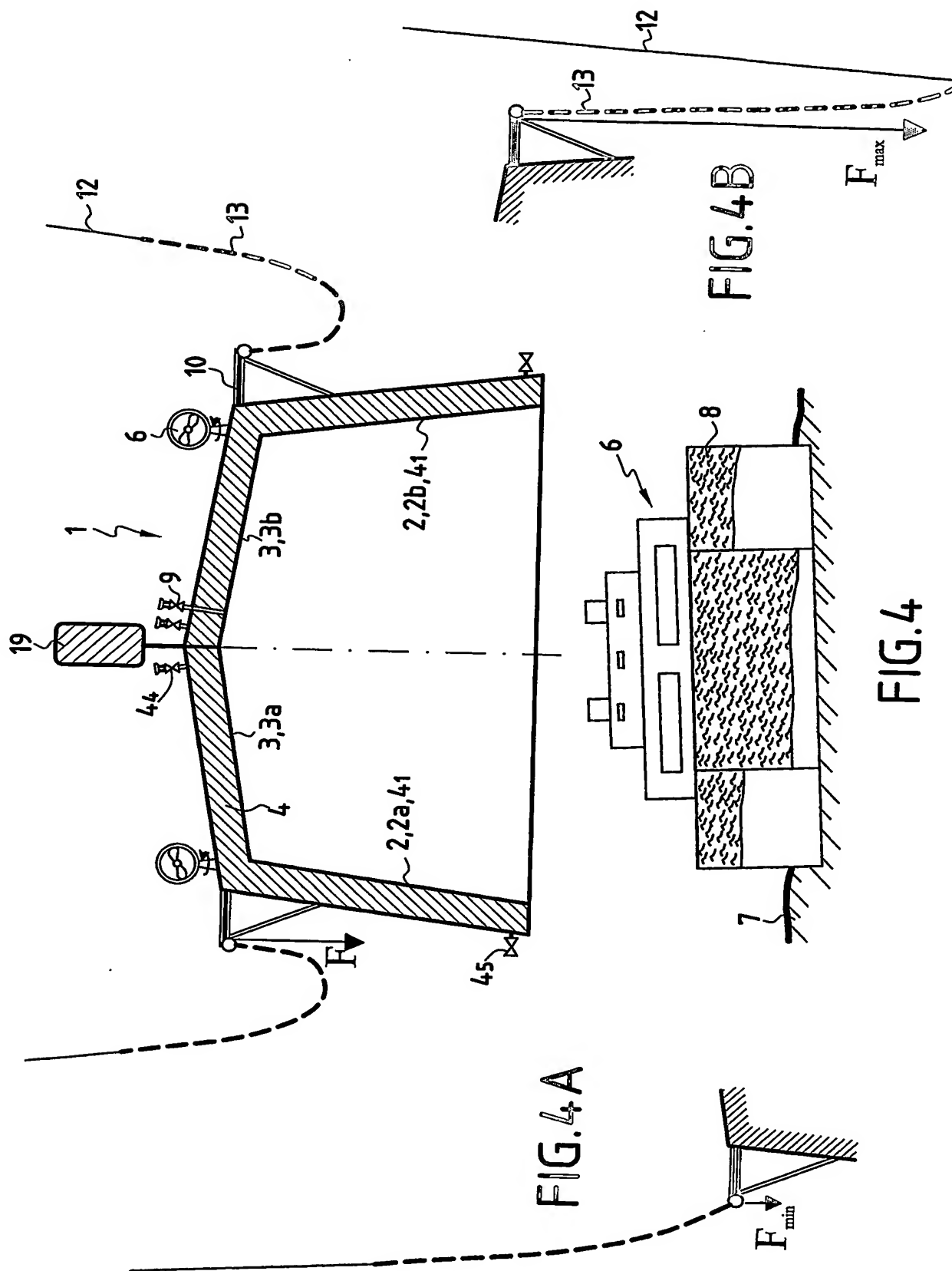


FIG. 3

4/10



5/10

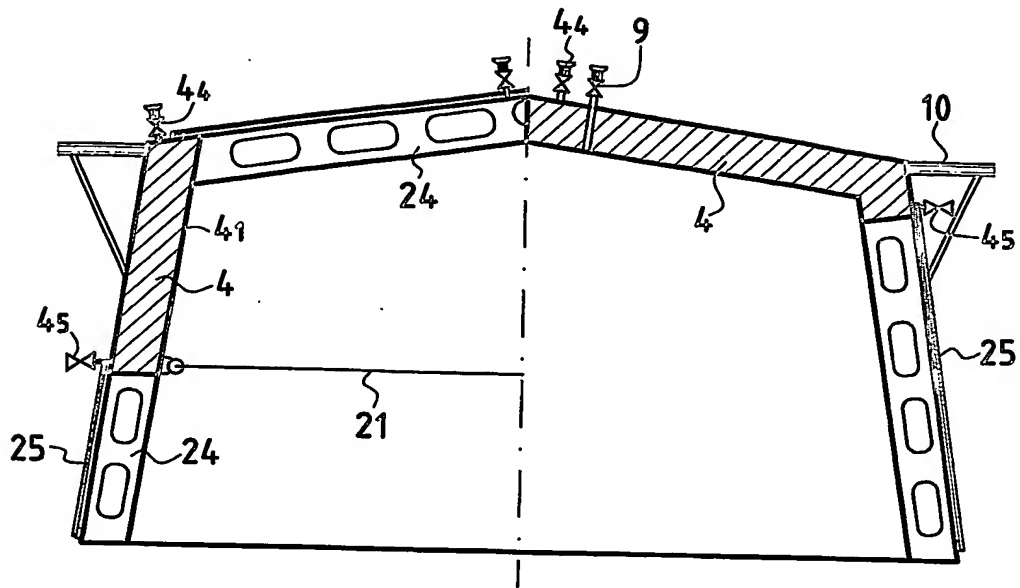


FIG. 5

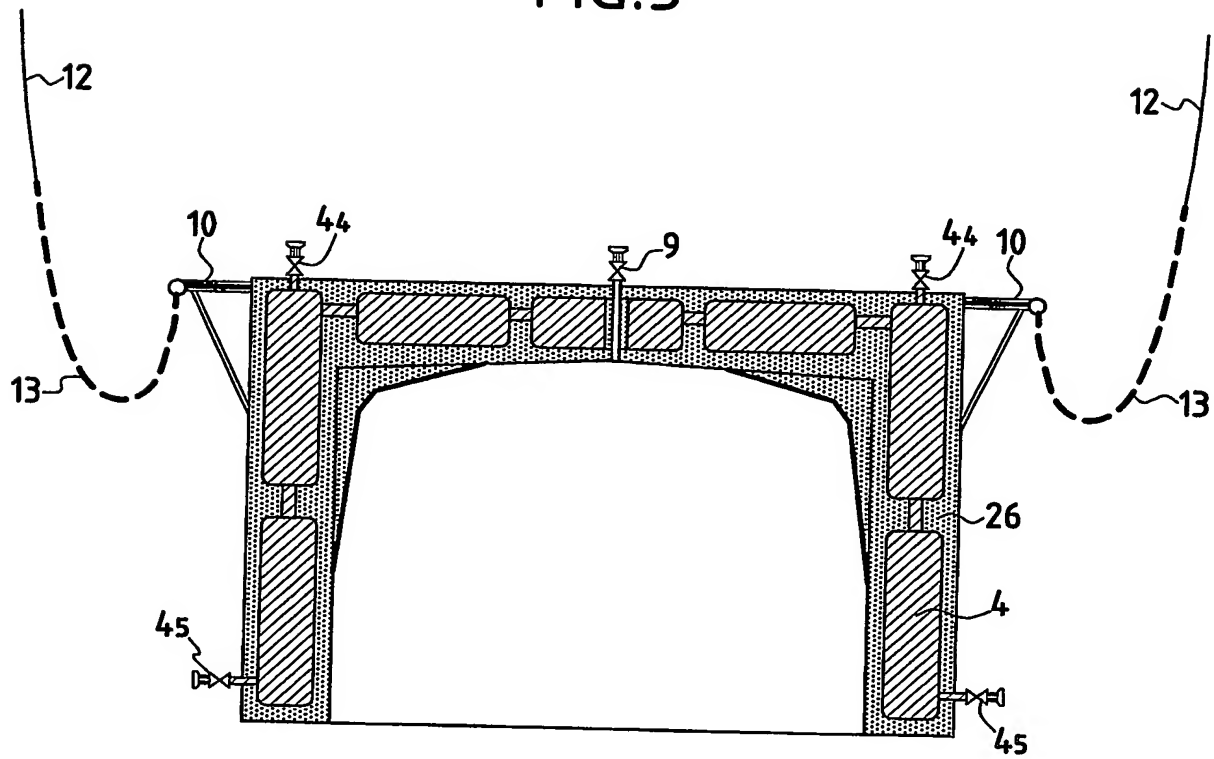
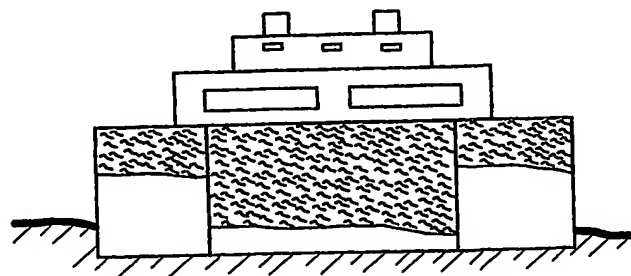


FIG. 6



6/10

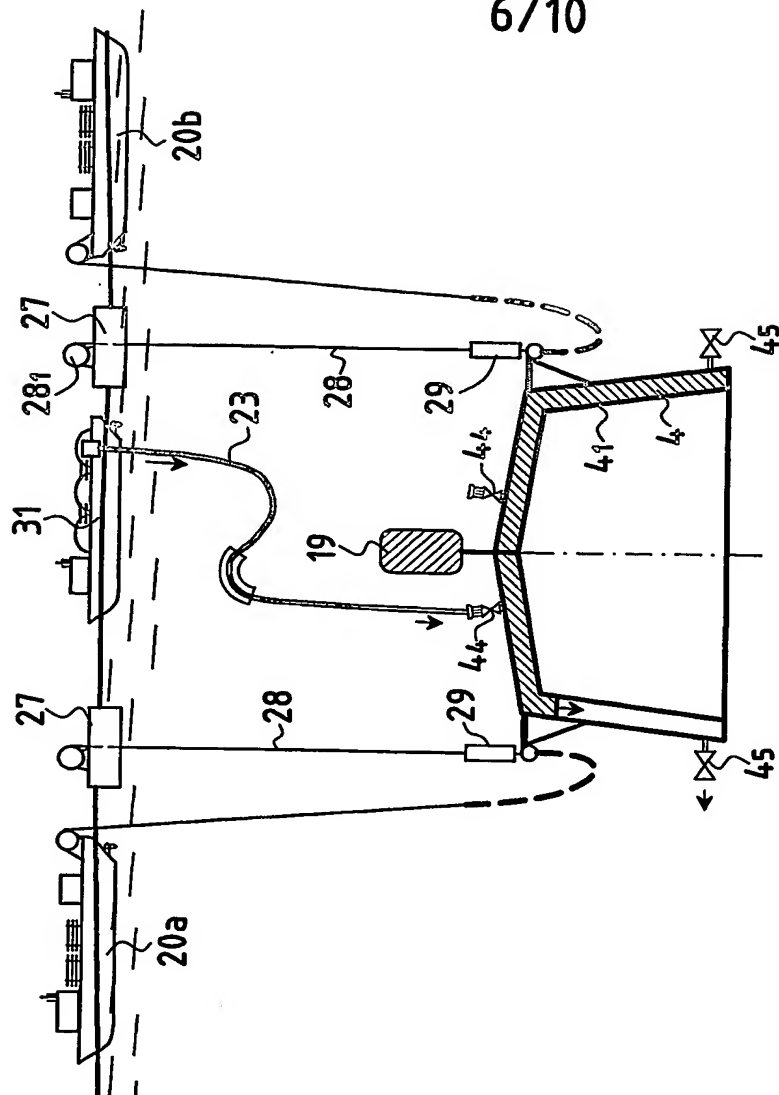


FIG. 7A

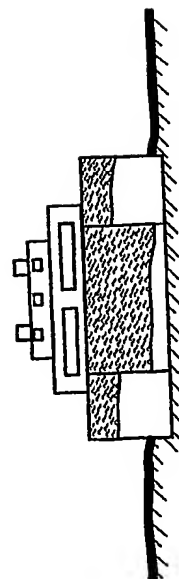
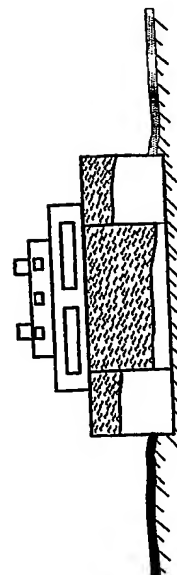
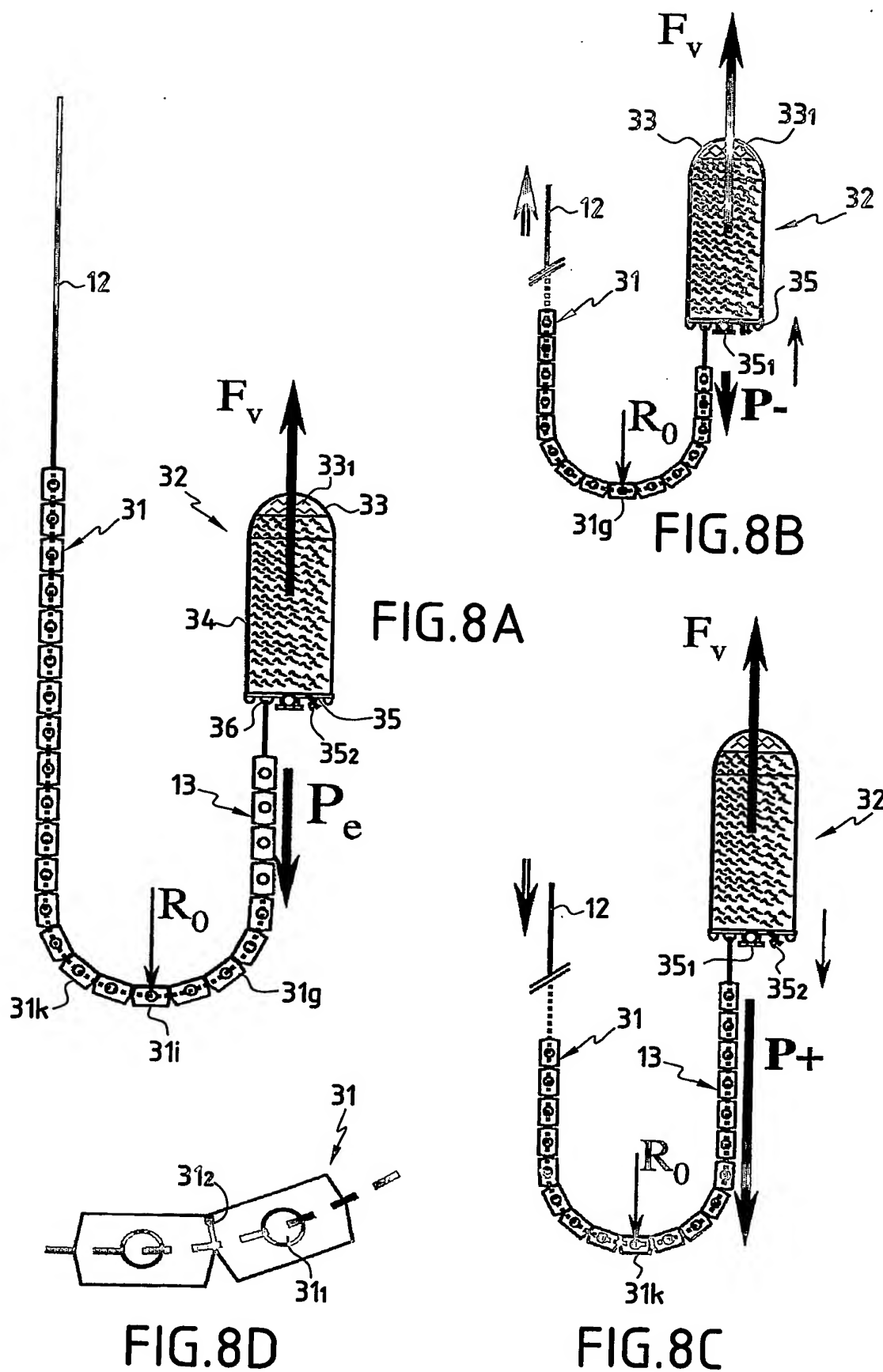


FIG. 7B

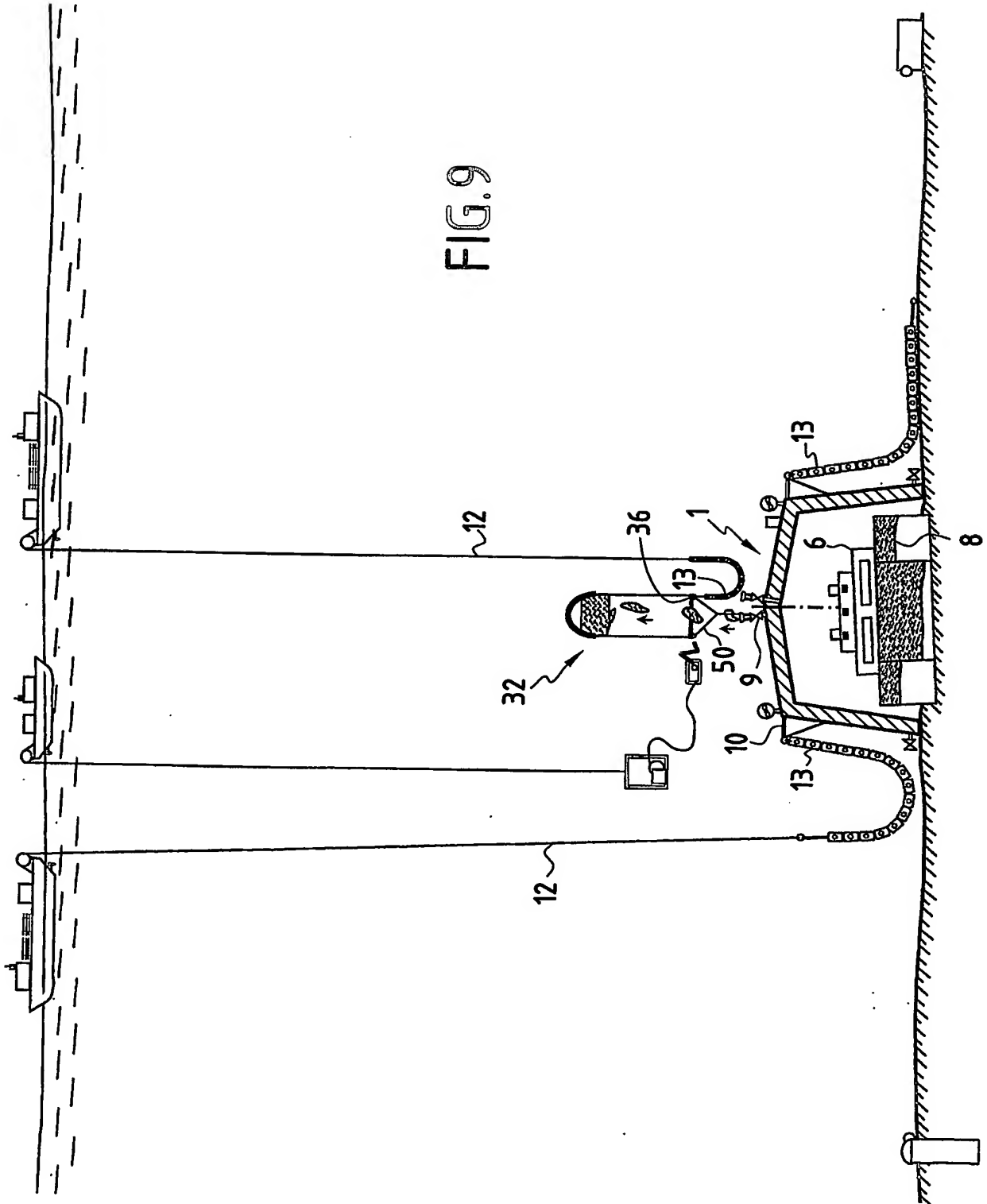


7/10



8/10

FIG. 9



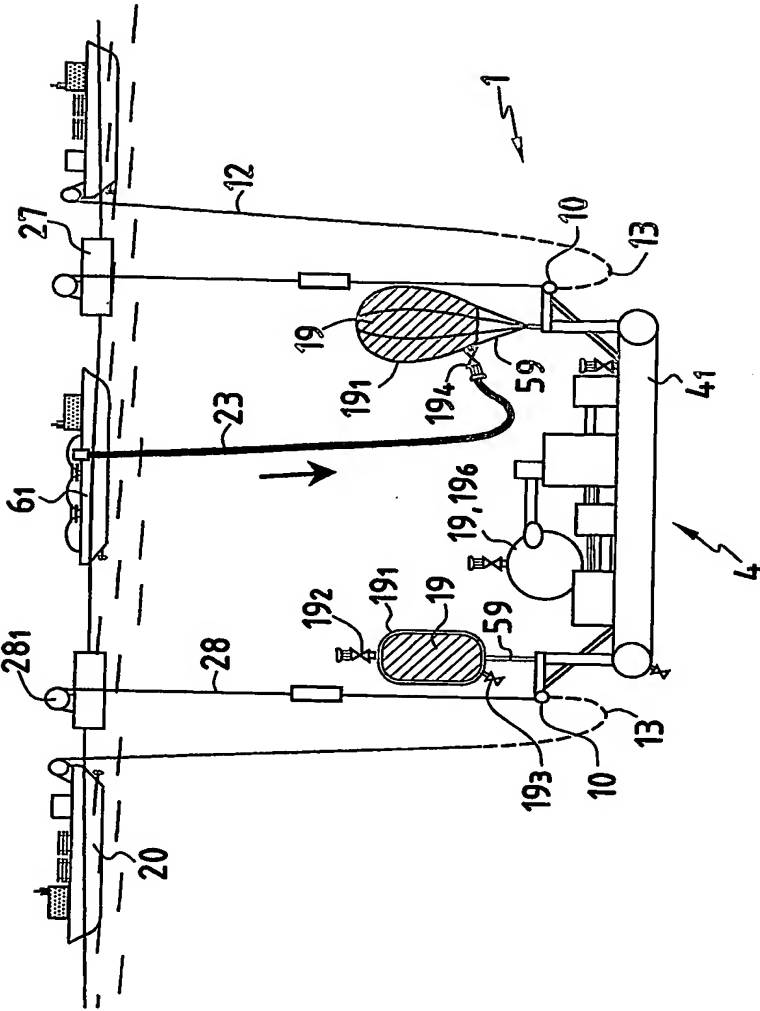


FIG. 10B

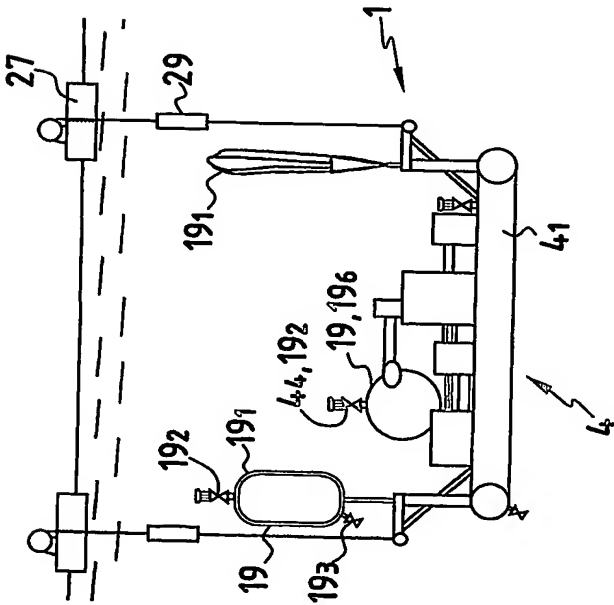


FIG. 10A

10/10

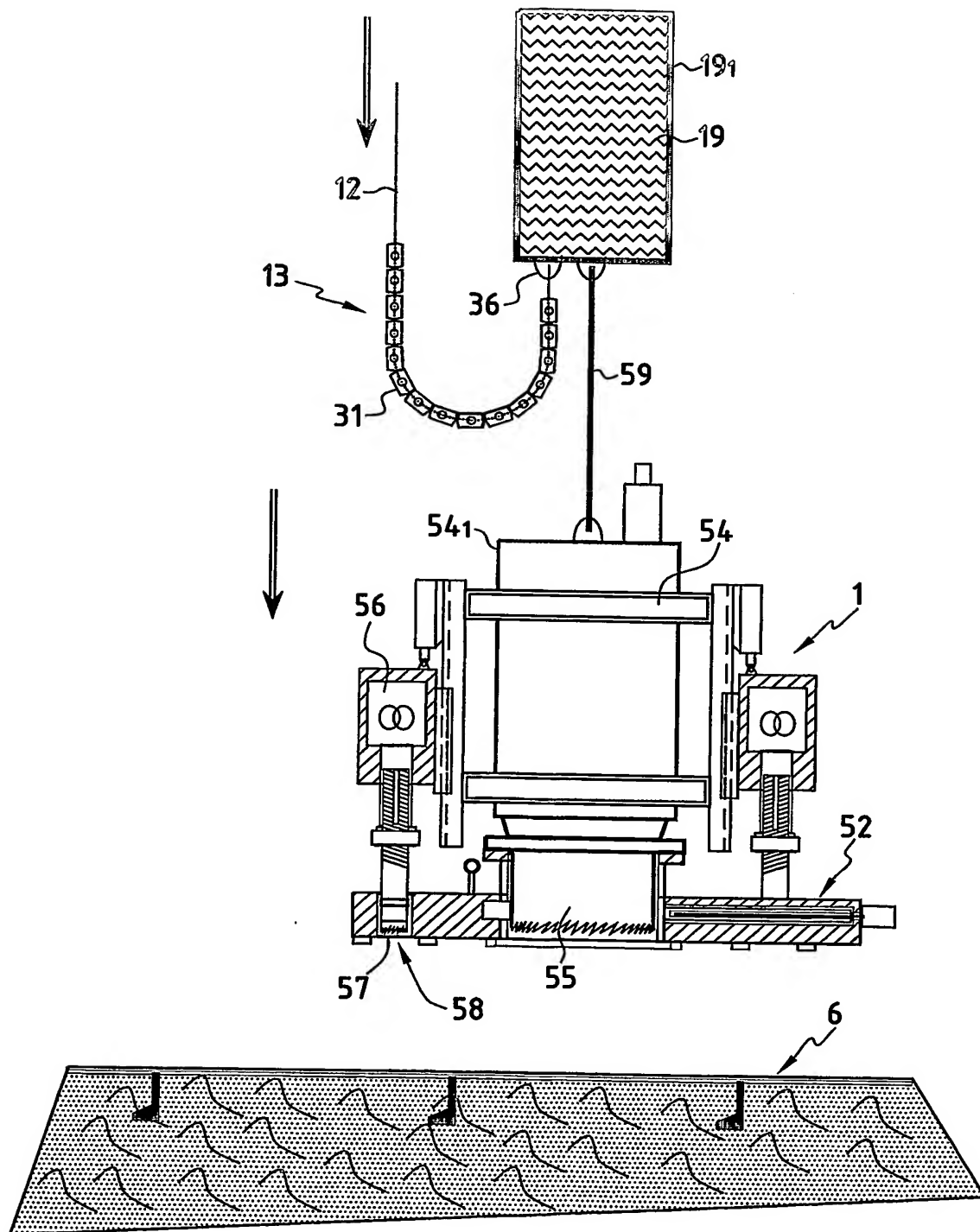


FIG.11